

ANALISIS RPN TERHADAP KEANDALAN INSTRUMENTASI KOMPRESOR UDARA MENGGUNAKAN METODE FMEA DI PT. PERTAMINA (PERSERO) *REFINERY UNIT II DUMAI*

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada
Jurusan Teknik Elektro



UIN SUSKA RIAU

Oleh :

ADE HERY SUMANTRI

10755000164

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
PEKANBARU**

2013

ANALISIS RPN TERHADAP KEANDALAN INSTRUMENTASI KOMPRESOR UDARA MENGGUNAKAN METODE FMEA DI PT. PERTAMINA (PERSERO) *REFINERY UNIT II* DUMAI

ADE HERY SUMANTRI
NIM : 10755000164

Tanggal Sidang : 6 Mei 2013
Tanggal Wisuda : 2013

Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. HR. Soebrantas No. 155 Pekanbaru

ABSTRAK

Kompresor udara adalah mesin mekanik yang menghasilkan udara bertekanan dengan cara memampatkan. PT. Pertamina (Persero) *Refinery Unit II* Dumai memiliki 4 unit mesin kompresor udara jenis *sentrifugal* di bagian *Maintenance Area III*. Kompresor udara berkerja menghasilkan dan menyuplai udara bertekanan untuk *plant* dan *air instrument*. Sistem instrumentasi udara sangat penting untuk mengukur, mendeteksi, dan mengontrol operasi kerja mesin kompresor udara. Kegagalan pada instrumentasi berakibat menurunkan kinerja kompresor udara. Metode *Failure Mode And Effects Analysis* (FMEA) merupakan metode kualitatif yang menganalisa *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi dengan mengidentifikasi mode dan akibat kegagalan berdasarkan kriteria *severity*, *occurence* dan *detection*. Hasil analisa RPN rata-rata dari masing-masing kompresor udara diperoleh bahwa kompresor udara 910-C-1A tertinggi terdapat pada *pressure gauge* sebesar 70, kompresor udara 910-C-1B tertinggi pada *high oil temperature switch* sebesar 100, kompresor udara 910-C-1C tertinggi pada *high air temperature switch* sebesar 100, dan kompresor udara 910-C-1D tertinggi pada *auxiliary oil pump switch* dan *vibration monitor* sebesar 75. Nilai *availability* terendah terdapat pada kompresor udara 910-C-1A untuk *vibration monitor* sebesar 0,99388475. dengan laju perbaikan 41,08 jam.

Kata kunci: *Auxiliary Oil Pump Switch, Failure Mode And Effects Analysis, High Air Temperature Switch, Kompresor Udara, dan Risk Priority Number.*

***RPN ANALYSIS TOWARD THE RELIABILITY OF AIR COMPRESSOR
INSTRUMENTATION USING FMEA METHOD AT PT. PERTAMINA
(PERSERO) REFINERY UNIT II DUMAI***

ADE HERY SUMANTRI
NIM: 10755000164

Examination date: 6 Mei 2013

Graduation Date: 2013

*Electrical Engineering Department
The Faculty of Science and Technology
State Islamic university of Sultan Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. HR. Subrantas No. 155 Pekanbaru*

ABSTRACT

Air compressor is mechanical machine produced pressured air through replacement. PT. Pertamina (Persero) refinery unit II Dumai had 4 compressor machines of sentrifugal kind at Maintenance Area III. Air compressor produced and supplied pressure air for plant and air instrument. Air instrumentation system is essential to measure, detect and control work operation of air compressor. The failure of instrumentation will decrease air compressor. The method of Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) was qualitative method that analyzes the higher Risk Priority Number (RPN) by identifying the mode and the cause of failure was according with severity criteria, occurrence and detection. The average results of RPN analysis of each air compressor obtained was that highest air compressor 910-C1A existed on gauge pressure with the number 70, the highest air compressor 910-C1B on high air compressor switch with the number 100, the highest air compressor 910-C1C on air compressor switch with the number 100, the highest air compressor 910-C1D on auxiliary oil pump switch and vibration monitor with the number 75. The low value of availability at air compressor 910-C-1A for vibration monitor was 0,99388475 with reparation speed 41.08 hours.

Keywords: *Auxiliary Oil Pump Switch, Method Of Failure Mode And Effects Analysis, High Air Compressor Switch, Air Compressor, And Risk Priority Number.*

KATA PENGATAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini. Tidak lupa shalawat dan salam kepada junjungan Nabi Muhammad SAW yang merupakan suri tauladan bagi umat manusia.

Penulis menyadari bahwa selesainya laporan Tugas Akhir dengan judul: **ANALISIS RPN TERHADAP KEANDALAN INSTRUMENTASI KOMPRESOR UDARA MENGGUNAKAN METODE FMEA DI PT. PERTAMINA (PERSERO) REFINERY UNIT II DUMAI** tidak terlepas dari dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tua tercinta ayahanda Mukri. S dan ibunda Sarmi yang tak pernah lelah memberikan dukungan dan mendoakan keberhasilan penulis.
2. Kakanda Andy Yusuf Arnanto dan Dwi Emawati yang telah memberikan semangat dan motivasi yang selalu membuatku tegar dalam menghadapi setiap masalah. Dan seluruh keluarga, terima kasih dukungan dan doa yang diberikan.
3. Bapak Prof. DR. H. M. Nazir selaku Rektor UIN Suska.
4. Ibu Dra. Hj. Yenita Morena, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi.
5. Ibu Liliana, ST, M.Eng. selaku dosen pembimbing I yang banyak membantu dan memberikan inspirasi, motivasi, arahan maupun kritikan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Ibu Novi Gusnita, ST, MT selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan inspirasi, dan arahan penulisan tugas akhir ini.
7. Bapak Kunaifi, S.T., PgDipEnSt., M.Sc selaku penguji I.
8. Ibu Zulfatri Aini, ST, MT dan Aulia Ullah, ST., M.Eng selaku penguji II.
9. Bapak Drs. Martius, M.Hum selaku Pembantu Dekan III dan Ketua Sidang Tugas Akhir.
10. Bapak Abdillah, SSI, MIT selaku Penasehat Akademis penulis.
11. Seluruh Dosen Teknik Elektro.
12. Seluruh pimpinan, staff dan karyawan Fakultas Sains dan Teknologi.

13. Bapak Harinoto, selaku pembimbing perusahaan bagian *Maintenance Area* III di PT. Pertamina (Persero) RU II Dumai yang telah banyak memberi bantuan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
14. Seluruh *Team Instrument Maintenance Area* III, khususnya Bapak Deli Sarmen, Ronal Antoni, dan Apis Wanda.
15. Seluruh rekan-rekan seperjuangan jurusan Teknik Elektro UIN Suska angkatan 2007, Sunari, Alfi Syahri, Boni Napitupulu, Trio Putra, Rino Eldika dan lainnya.
16. Seluruh rekan-rekan yang turut membantu penulis Andri Yulianto, Deni Prayuda Atma Yewa, dan semua pihak tidak bisa disebutkan satu-persatu.

Semoga bantuan yang telah diberikan baik moril ataupun materil mendapat balasan pahala dari Allah SWT, dan sebuah harapan dari penulis semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi penulis khususnya dan pembaca pada umumnya.

Penulis menyadari bahwa penulisan adalah manusia biasa yang tidak luput dari salah dan khilafnya, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca yang sifatnya membangun demi kesempurnaan tugas akhir ini kedepannya.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Pekanbaru, 6 Mei 2013

Ade Hery Sumantri

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---|--------------|
| COVER | i |
| LEMBAR PERSETUJUAN | ii |
| LEMBAR PENGESAHAN | iii |
| LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL | iv |
| LEMBAR PERNYATAAN | v |
| LEMBAR PERSEMBAHAN | vi |
| ABSTRAK..... | vii |
| ABSTRACT | viii |
| KATA PENGANTAR | ix |
| DAFTAR ISI | xi |
| DAFTAR GAMBAR | xiv |
| DAFTAR TABEL | xv |
| DAFTAR NOTASI | xvii |
| DAFTAR SINGKATAN | xviii |
| DAFTAR LAMPIRAN | xix |
| BAB I PENDAHULUAN | |
| 1.1. Latar Belakang..... | I-1 |
| 1.2. Rumusan Masalah..... | I-2 |
| 1.3. Batasan Masalah | I-3 |
| 1.4. Tujuan | I-3 |
| 1.5. Manfaat Penelitian | I-3 |
| 1.6. Sistematika Penulisan | I-4 |
| BAB II METODE PENELITIAN | |
| 2.1. Penelitian Awal | II-2 |
| 2.1.1. Identifikasi Masalah..... | II-2 |
| 2.1.2. Studi Lapangan | II-2 |
| 2.1.3. Studi Pustaka | II-3 |
| 2.2. Pengumpulan Data | II-3 |
| 2.3. Pengolahan Data..... | II-3 |

| | |
|--|--------|
| 2.4. Analisa Data | II-4 |
| 2.5. Kesimpulan dan Saran..... | II-7 |
| BAB III TINJAUAN PUSTAKA | |
| 3.1. Kompresor..... | III-1 |
| 3.1.1. Kompresor Pemindahan Positif (<i>Positive Dispacement Compressor</i>) | III-1 |
| 1. Kompresor Piston (<i>Reciprocating Compressor</i>)..... | III-1 |
| 2. Kompresor Putar (<i>Rotary Compresso</i>) | III-2 |
| 3.1.2. Kompresor Dinamik (<i>Dynmic Compressor</i>)..... | III-3 |
| 1. Kompresor Aksial (<i>Axial Compressor</i>) | III-3 |
| 2. Kompresor <i>Sentrifugal</i> | III-4 |
| 3.2. Kompresor Udara PT. Pertamina (Persero) RU II Dumai | III-5 |
| 3.2.1. <i>Lubrication System</i> (Sistem Pelumasan)..... | III-8 |
| 3.2.2. <i>Water System</i> (Sistem Air)..... | III-8 |
| 3.2.3. <i>Air Filter</i> (Penyaring Udara)..... | III-8 |
| 3.2.4. <i>Driyer</i> (Pengering) | III-9 |
| 3.2.5. <i>Inlet Control Valve</i> (ICV) | III-9 |
| 3.2.6. <i>Unloading Control Valve</i> (UCV)..... | III-10 |
| 3.2.7. <i>Control System</i> | III-10 |
| 3.2.8. Instrumentasi pada kompresor udara | III-10 |
| 1. <i>Air Temperature Transmitter</i> (ATTR)..... | III-11 |
| 2. <i>High Oil Temperature Switch</i> (HOTS –1 Alarm, HOTS-2 Trip)..... | III-11 |
| 3. <i>High Air Temprature Switch</i> (HATS-1 Alarm HATS-2 Trip) | III-11 |
| 4. <i>Vibration Monitor</i> (VM) | III-11 |
| 5. <i>Low Oil Level Switch</i> (LOLS)..... | III-11 |
| 6. <i>Surge Pressure Switch</i> (SUPS) | III-11 |
| 7. <i>Differential Inlet Air Pressure Switch</i> (DIAPS)..... | III-11 |
| 8. <i>Differential Oil Pressure Switch</i> (DOPS) | III-11 |
| 9. <i>Pressure Gauge</i> | III-11 |
| 10. <i>Trisen load</i> | III-11 |
| 11. <i>Auxiliary Oil Pump Switch</i> (AOPS)..... | III-12 |
| 12. <i>Seal Air Pressure Switch</i> (SAPS-1 Alarm, SAPS-2 Trip)..... | III-12 |

| | |
|--|--------|
| 13. <i>Flow Indicator</i> (FI) | III-12 |
| 14. <i>Temperature Indicator</i> (TI) | III-13 |
| 15. <i>Pressure Indicator</i> (PI) | III-13 |
| 16. <i>Governor</i> | III-13 |
| 3.3. Metode <i>Failure Mode and Effects Analysis</i> (FMEA)..... | III-13 |
| 3.4. Penetapan Nilai <i>Severity</i> , <i>Occurence</i> dan <i>Detection</i> Pada Instrumentasi Kompresor Udara PT. Pertamina (Persero) RU II Dumai | III-19 |
| 3.4.1. Penetapan <i>Saverity</i> | III-19 |
| 3.4.2. Penetapan <i>Occurence</i> | III-20 |
| 3.4.3. Penetapan <i>Detection</i> | III-20 |
| 3.5. Diagram Pareto..... | III-21 |
| 3.6. Keandalan (<i>Reliability</i>) | III-22 |
| 3.7. Analisa Ketersediaan (<i>Availability</i>) | III-22 |
| BAB IV HASIL DAN ANALISA | |
| 4.1. Analisa Keandalan Instrumentasi Kompresor Udara PT. Pertamina (Persero) <i>Refinery Unit</i> II Dumai..... | IV-1 |
| 4.1.1. Analisa Instrumentasi Kompresor Udara 910-C-1A..... | IV-8 |
| 4.1.2. Analisa Instrumentasi Kompresor Udara 910-C-1B | IV-14 |
| 4.1.3. Analisa Instrumentasi Kompresor Udara 910-C-1C..... | IV-20 |
| 4.1.4. Analisa Instrumentasi Kompresor Udara 910-C-1D..... | IV-25 |
| 4.2. Analisa ketersediaan (<i>Availability</i>) | IV-28 |
| BAB V PENUTUP | |
| 5.1. Kesimpulan..... | V-1 |
| 5.2. Saran | V-1 |
| DAFTAR PUSTAKA | |

DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|---|---------|
| 2.1. <i>Flowchart</i> metode penelitian..... | II-1 |
| 2.2. <i>Flowchart</i> analisa penelitian | II-5 |
| 3.1. Pembagian kompresor | III-1 |
| 3.2. <i>Reciprocating compressor</i> | III-2 |
| 3.3. <i>Rotary helical screw compressor</i> | III-3 |
| 3.4. <i>Axial compressor</i> | III-3 |
| 3.5. <i>Centrifugal compressor</i> | III-4 |
| 3.6. Kompresor udara PT. Pertamina (Persero) RU II Dumai | III-5 |
| 3.7. <i>Block diagram</i> sistem udara <i>PAP Plus air compressor</i> | III-6 |
| 3.8. <i>Block diagram</i> sistem kontrol kompresor udara PT. Pertamina RU II Dumai | III-7 |
| 3.9. DCS kompresor udara PT. Pertamina (Persero) RU II | III-7 |
| 3.10. Skema sistem pelumasan kompresor udara..... | III-8 |
| 3.11. Pengering (<i>Dryer</i>)..... | III-9 |
| 3.12. <i>Inlet control valve</i> | III-9 |
| 3.13. Skema diagram sistem kontrol kompresor udara | III-10 |
| 4.1. Grafik diagram pareto kompresor udara 910-C-1A | IV-10 |
| 4.2. Grafik diagram pareto kompresor udara 910-C-1B | IV-16 |
| 4.3. Grafik diagram pareto kompresor udara 910-C-1C | IV-22 |
| 4.4. Grafik diagram pareto kompresor udara 910-C-1D | IV-27 |

DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|--|---------|
| 3.1. Langkah kerja metode FMEA | III-14 |
| 3.2. <i>Worksheet</i> FMEA | III-16 |
| 3.3. Kriteria <i>Severity</i> kompresor udara di Pertamina (Persero) RU II Dumai..... | III-19 |
| 3.4. Kriteria <i>occurence</i> kompresor udara PT. Pertamina (Persero) RU II Dumai. | III-20 |
| 3.5. Kriteria <i>Detection</i> kompresor udara PT. Pertamina (Persero) RU II Dumai. | III-20 |
| 4.1. <i>Worksheet</i> FMEA pada instrumentasi kompresor udara 910-C-1A di PT. Pertamina (Persero) <i>Refinery Unit</i> II Dumai selama periode Januari 2009 sampai 2011 | IV-6 |
| 4.2 RPN rata-rata instrumen pada kompresor udara 910-C-1A | IV-8 |
| 4.3 Persentase kumulatif instrumen kompresor udara 910-C-1A | IV-9 |
| 4.4. Total kumulatif instrumentasi kompresor udara 910-1-1A untuk diagram pareto | IV-9 |
| 4.5. <i>Worksheet</i> FMEA pada instrumentasi kompresor udara 910-C-1B di PT. Pertamina (Persero) <i>Refinery Unit</i> II Dumai selama periode Januari 2009 sampai 2011 | IV-11 |
| 4.6. RPN rata-rata instrumen kompresor udara 910-C-1B | IV-14 |
| 4.7. Persentase kumulatif instrumen kompresor udara 910-C-1B..... | IV-15 |
| 4.8. Total kumulatif instrumentasi kompresor udara 910-C-1B untuk diagram pareto..... | IV-15 |
| 4.9. <i>Worksheet</i> FMEA pada instrumentasi kompresor udara 910-C-1C di PT. Pertamina (Persero) <i>Refinery Unit</i> II Dumai selama periode Januari 2009 sampai 2011 | IV-20 |
| 4.10. RPN rata-rata instrumentasi kompresor udara 910-C-1C..... | IV-20 |
| 4.11. Persentase kumulatif instumen pada kompresor udara 910-C-1C..... | IV-21 |
| 4.12. Total kumulatif RPN instrumentasi kompresor udara 910-1-1C untuk diagram pareto | IV-21 |
| 4.13. <i>Worksheet</i> FMEA pada instrumentasi kompresor udara 910-C-1D di PT. Pertamina (Persero) <i>Refinery Unit</i> II Dumai selama periode Januari 2009 sampai 2011 | IV-23 |

| | |
|--|-------|
| 4.14. RPN rata-rata instrumentasi kompresor udara 910-C-1D | IV-25 |
| 4.15. Persentase kumulatif instrumentasi kompresor udara 910-C-1D | IV-26 |
| 4.16. Total kumulatif RPN instrumentasi kompresor udara 910-1-1D untuk diagram pareto | IV-26 |
| 4.17. Analisa ketersediaan instrumentasi kompresor udara 910-C-1A | IV-29 |
| 4.18. Analisa ketersediaan instrumentasi kompresor udara 910-C-1B | IV-29 |
| 4.19. Analisa ketersediaan instrumentasi kompresor udara 910-C-1C | IV-30 |
| 4.20. Analisa ketersediaan instrumentasi kompresor udara 910-C-1D | IV-30 |

DAFTAR NOTASI

λ = Laju kegagalan persatuan waktu.

μ = Waktu perbaikan rata-rata.

A = *Availability* (ketersediaan).

DAFTAR SINGKATAN

| | |
|-------|---|
| AOPS | : <i>Auxiliary Oil Pump Switch</i> |
| ATTR | : <i>Air Temperature Teansmitter</i> |
| CS | : <i>Control Selector</i> |
| CV | : <i>Control Valve</i> |
| DCS | : <i>Distributed Control System</i> |
| DET | : <i>Detection</i> |
| DIAPS | : <i>Differential Inlet Pressure Switch</i> |
| DOPS | : <i>Differential Oil Pressure Switch</i> |
| FMEA | : <i>Failure Mode And Effects Analysis</i> |
| HATS | : <i>High Air Temperature Switch</i> |
| HOTS | : <i>High Oil Temperature Switch</i> |
| ICV | : <i>Inlet Control Valve</i> |
| LOLS | : <i>Low Oil Level Switch</i> |
| MOP | : <i>Main Oil Pump</i> |
| MTTF | : <i>Mean Time To Failure</i> |
| MTTF | : <i>Mean Time To Repair</i> |
| OCC | : <i>Occurence</i> |
| PI | : <i>Pressure Indicator</i> |
| RPN | : <i>Risk Priority Number</i> |
| SEV | : <i>Severity</i> |
| SUPS | : <i>Surge Pressure Switch</i> |
| UCV | : <i>Unloading Control Valve</i> |
| VM | : <i>Vibrastion Monitor</i> |

DAFTAR LAMPIRAN

| | Halaman |
|--|---------|
| A. <i>P&I Diagram Air Compressor Turbin Driver</i> | A-1 |
| B. <i>System Control Air Compressor 910-C-1A/D PT. Pertamina (Persero) RU II</i> Dumai..... | B-1 |
| C. <i>System Control Air Compressor 910-C-1A/D PT. Pertamina (Persero) RU II</i> Dumai..... | C-1 |
| D. <i>Cable Arrangment Air Compressor</i> | D-1 |
| E. <i>Control System Schematic Diagram Air Compressor</i> | E-1 |
| F. Data Gangguan Instrumentasi Kompresor Udara PT. Pertamina (Persero) <i>Refinery Unit II Dumai</i> | F-1 |
| G. <i>Reference Manual Potential Failure Mode And Effects Analysis (FMEA)</i> | G-1 |
| H. Tabel Pencapaian PAF 2002-2011. | H-1 |
| I. Kompresor udara 910-C-1A PT. Pertamina (Persero) <i>Refinery Unit II Dumai</i> .. | I-1 |
| J. DCS Kompresor udara PT. Pertamina (Persero) <i>Refinery Unit II Dumai</i> | J-1 |
| K. Data Operasi Kompresor Udara 910-C-A/D. | K-1 |
| L. <i>System control component instruments</i> | L-1 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Minyak dan gas bumi merupakan sumber bahan bakar yang tidak dapat diperbaharui (*unrenewable resources*) sangat berperan penting dalam kebutuhan energi dan perekonomian suatu negara. Kebutuhan akan minyak bumi yang semakin meningkat harus diikuti dengan kemampuan dalam mengolah dan memproduksi. Untuk menjaga ketersediaan produksi bahan bakar minyak yang sangat vital, suatu industri harus dapat bekerja secara maksimal, maka sangat perlu dilakukan perawatan (*maintenance*), dan perbaikan mesin secara berkala. Salah satu industri bekerja di bidang ini adalah PT. Pertamina (Persero) *Refinery Unit II Dumai*.

PT. Pertamina (Persero) RU II Dumai merupakan industri perminyakan yang bergerak di bidang hilir yang mengolah minyak mentah (*crude oil*) menjadi produk-produk BBM (Bahan Bakar Minyak) dan non BBM (Antoni, 2008). Dalam pengoperasian PT. Pertamina (Persero) RU II Dumai memiliki kilang dengan beberapa bagian unit yang sangat penting salah satunya pada unit *Maintenance Area (MA) III*. Unit MA III berfungsi sebagai pembangkit untuk penyediaan energi listrik, suplai udara kompresi dan air bersih, mempunyai peranan penting dalam kelangsungan operasi kilang, kegagalan yang terjadi dalam pengoperasian mesin di unit ini dapat mempengaruhi seluruh kegiatan operasional kilang yang dapat berakibat kehilangan atau menurunnya kapasitas produksi kilang.

Bagian dari unit *Maintenance Area III* adalah mesin kompresor udara. Mesin kompresor udara ini berfungsi menaikkan tekanan udara dan menyuplai udara menuju *plant* dan *air instrument* yang membutuhkan tekanan pneumatik dari kompresor di semua area kilang seperti untuk MA I, MA II, MA III dan *utilities* dalam memenuhi kebutuhan proses operasi kilang.

Berdasarkan gangguan dan kerusakan yang terjadi, dapat dijadikan rujukan dalam penelitian ini sebagai acuan dalam proses analisa kegagalan, efek yang ditimbulkan, serta keandalannya. Salah satunya terjadi pada mesin kompresor udara PT. Pertamina (Persero) RU II Dumai.

Maintenace Area III di PT. Pertamina (Persero) RU II Dumai memiliki 4 unit kompresor udara jenis *sentrifugal* dengan penggerak (*driver*) motor listrik dan turbin uap masing-masing 2 unit, dengan *range* kecepatan putaran 2973-3600 rpm.

Kompresor udara di PT. Pertamina (Persero) RU II pernah mengalami gangguan sistem, diantaranya pada sistem instrumentasi. Gangguan sistem berakibat menurunkan performansi kompresor udara dengan terjadi kerusakan komponen, *overload*, *surging*, vibrasi atau temperatur tinggi, sehingga suplai udara kompresi tidak dapat memenuhi untuk kebutuhan area lain. Hal ini melatarbelakangi penulis untuk melakukan analisa pada kompresor udara. Beberapa alat instrumentasi pada kompresor udara antara lain seperti: *vibration monitor*, *control valve*, *temperature switch*, *presurre switch*, *pressure gauge* dan sebagainya.

Untuk analisa keandalan sistem instrumentasi kompresor udara penulis akan menggunakan metode *Failure Mode And Effects Analysis* (FMEA). Alasan pemilihan metode ini adalah FMEA merupakan suatu metode yang mengidentifikasi mode-mode dari penyebab kegagalan yang ditimbulkan oleh setiap komponen terhadap suatu sistem, akibat dan nilai *Risk Priority Number* (RPN) dari kegagalan. Metode FMEA belum diaplikasikan oleh PT. Pertamina (Persero) RU II Dumai untuk menganalisa kegagalan sistem khususnya instrumentasi kompresor udara.

Metode FMEA juga merupakan metode pendekatan kualitatif yang menerapkan suatu metode petabelan yang dapat mempermudah peneliti dalam menganalisa data kegagalan yang nanti bisa untuk acuan dalam melakukan tindakan pencegahan sebelum terjadinya masalah, mendata alat yang terjadi kegagalan dan tingkat keandalannya.

Dalam metode FMEA dilakukan perhitungan RPN untuk menentukan tingkat resiko kegagalan tertinggi, dengan menghubungkan tiga kriteria yaitu *severity* (keparahan), *occurrence* (kejadian), dan *detection* (deteksi). Semakin tinggi nilai RPN maka akan semakin rendah tingkat keandalan komponen suatu sistem.

1.2. Rumusan Masalah

Permasalahan dalam penelitian ini adalah menganalisa nilai RPN terhadap keandalan instrumentasi kompresor udara di PT. Pertamina (Persero) *Refinery Unit II* Dumai dengan menggunakan metode FMEA serta menentukan nilai ketersediaan (*availability*).

Untuk memecahkan permasalahan tersebut terdapat beberapa hal yang perlu dirumuskan dalam penelitian ini yaitu:

1. Instrumen apa saja yang mengalami gangguan pada kompresor udara?
2. Apa saja mode kegagalan, pengaruh kegagalan, penyebab kegagalan, dan bentuk pengendalian pada instrumen kompresor udara?
3. Bagaimana menentukan kriteria dari *severity*, *occurrence* dan *detection*?
4. Bagaimana menentukan RPN terhadap keandalan instrumen pada kompresor udara?
5. Berapa *availability* instrumen pada kompresor udara?

1.3. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini pembahasan dibatasi pada hal-hal sebagai berikut :

1. Membahas sistem pada instrumentasi kompresor udara PT. Pertamina (Persero) RU II Dumai.
2. Metode yang digunakan dalam menganalisis adalah menggunakan metode FMEA untuk menentukan tingkat keandalan suatu sistem berdasarkan nilai RPN, nilai RPN diperoleh dari berdasarkan nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection*.
3. Untuk menentukan grafik dari RPN hanya menggunakan diagram pareto.
4. Menentukan *availability* (ketersedian) berdasarkan laju kegagalan persatuan waktu (), waktu perbaikan rata-rata (μ), *Mean Time To Repair* (MTTR) dan *Mean Time To Failure* (MTTF).
5. Data yang digunakan selama 3 tahun dari periode Januari 2009 sampai Desember 2011.

1.4. Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui *Risk Priority Number* (RPN) terhadap keandalan instrumentasi kompresor udara di PT. Pertamina (persero) *Refinery Unit II* Dumai dengan menggunakan metode FMEA.

1.5. Manfaat Penelitian

Ada beberapa manfaat dari penelitian menggunakan metode FMEA ini yaitu:

1. Bagi peneliti dapat memperoleh pengetahuan dan pengalaman dengan menerapkan metode FMEA dalam permasalahan yang terjadi dalam proses

produksi industri khususnya pada instrumentasi kompresor udara di PT. Pertamina (Persero) RU II Dumai.

2. Hasil penelitian dapat digunakan sebagai salah satu pertimbangan atau rekomendasi bagi perusahaan untuk mengetahui seberapa besar keandalan dan pertimbangan dalam melakukan perawatan kompresor udara di PT. Pertamina (Persero) RU II Dumai.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penulisan, manfaat penulisan, metode penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II: METODE PENELITIAN

Membahas mengenai kerangka penelitian dalam memecahkan suatu masalah serta menjelaskan bagaimana langkah-langkah pemecahan masalah.

BAB III: TINJAUAN PUSTAKA

Merupakan penjelasan mengenai dasar teori peneliti sebelumnya yang dipergunakan sebagai landasan untuk memecahkan masalah dan penjelasan secara garis besar metode yang digunakan oleh peneliti sebagai alat untuk pemecah masalah.

BAB IV : HASIL DAN ANALISA

Bab ini menjelaskan hasil penelitian berserta analisa yang dilakukan dalam penelitian ini.

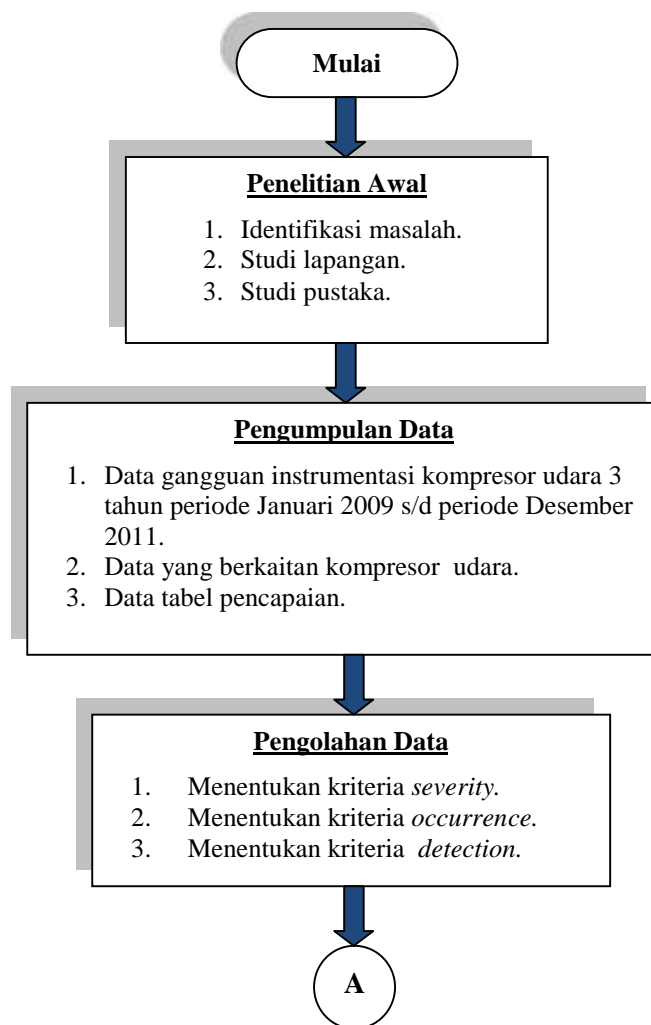
BAB V: KESIMPULAN DAN SARAN

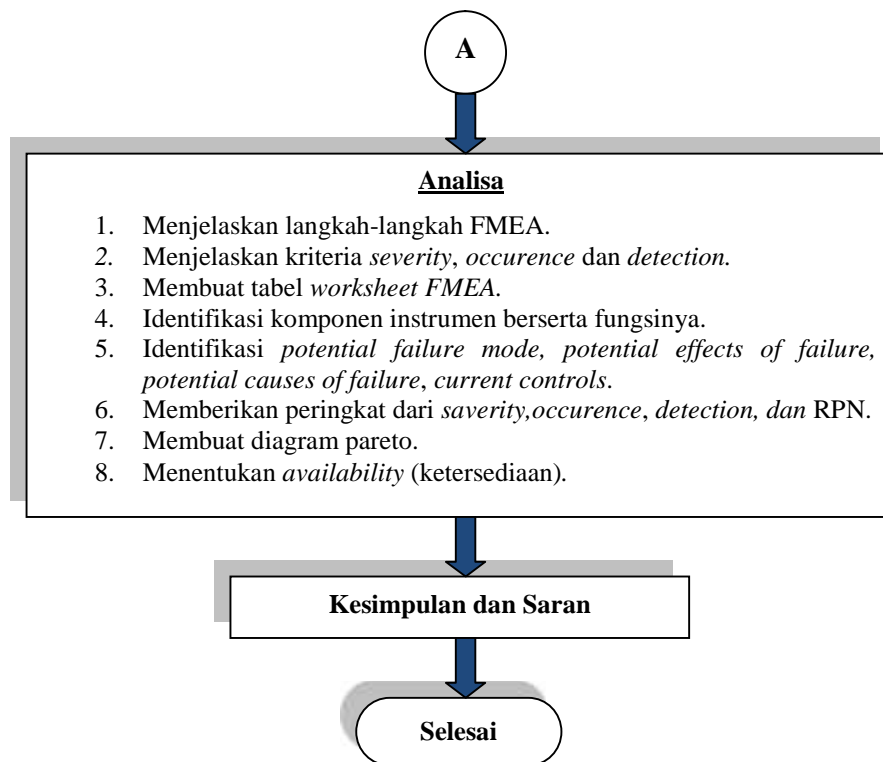
Bab ini berisikan kesimpulan yang dihasilkan dari penelitian dan saran untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

METODE PENELITIAN

Pada bab sebelumnya telah dijelaskan latar belakang, tujuan serta permasalahan yang akan diteliti, yaitu melakukan analisa RPN terhadap keandalan instrumentasi kompresor udara menggunakan metode FMEA PT. Pertamina (Persero) *Rerfinery Unit II Dumai*. Untuk mendapatkan hasil analisa, ada beberapa tahapan metode penelitian yang perlu dilakukan. Tahapan penelitian ini digambarkan pada gambar *flowchard* dibawah ini:





Gambar 2.1. *Flowchart* metode penelitian.

2.1. Penelitian Awal

Tahap ini bertujuan untuk menentukan latar belakang, merumuskan permasalahan yang akan dijadikan bahan penelitian serta menetapkan tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian dan menentukan batasan masalah. Ada beberapa cara dilakukan antara lain:

2.1.1. Identifikasi masalah

Langkah identifikasi ini dilakukan untuk menemukan permasalahan yang terjadi pada kompresor udara yang terjadi di PT. Pertamina (Persero) RU II Dumai dan menemukan metode analisa yang akan digunakan.

2.1.2. Studi Lapangan

Pada tahap ini dilakukan pengamatan dalam rangka mengetahui sistem yang sebenarnya akan diteliti yaitu:

1. *Interview* yaitu melakukan wawancara dan berdiskusi pada pembimbing perusahaan di PT Pertamina (Persero) RU II Dumai bagian instrumentasi.
2. *Observasi* yaitu melakukan pengamatan atau studi lapangan secara langsung.

2.1.3. Studi Pustaka

Studi ini bertujuan menemukan referensi yang berkaitan tentang kompresor udara, instrumentasi, teori *reliability*, dan metode FMEA untuk memperkuat hasil penelitian tugas akhir. Sumber-sumber studi kepustakaan yang diperoleh melalui buku dan jurnal.

Sumber buku dan jurnal untuk studi kepustakaan seperti:

1. *Engineering Design A Material And Processing Approach.*
2. *Reliability and Maintainability Engineering.*
3. Analisa *Reliability Instrument* menggunakan Metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) Pada *Boiler Feed Pump Turbin.*
4. Analisa *Reliability* Pada *Pumping Unit* Dengan Menggunakan Metode FMEA.
5. *The Basic Of FMEA.*
6. *Potential Failure Mode And Effects Analysis Reference Manual.*
7. *Compressor Handbook.*

2.2. Pengumpulan Data

Dalam tahapan ini dilakukan pengumpulan data dari perusahaan, data-data mengenai kegagalan instrumentasi kompresor udara di PT. Pertamina (Persero) RU II Dumai dan data penunjang lainnya. Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain:

1. Data gangguan instrumentasi kompresor udara selama 3 tahun, periode Januari 2009 sampai dengan Desember 2011.
2. Data yang berkaitan kompresor udara di perusahaan mengenai sistem kerja mesin, instrumentasi, dan pengukuran.
3. Data target pencapaian perusahaan.

2.3. Pengolahan Data

Data yang didapat diolah untuk menentukan bentuk kriteria 3 kriteria dari *severity*, *occurence*, dan *detection* dalam bentuk tabel.

Kriteria *severity*, *occurence* dan *detection* didasarkan *reference manual failure mode and effects analysis* dari *Automotive Industry Action Group* (AIAG) yang menggambarkan industri otomotif kemudian memodifikasi untuk menyesuaikan kondisi di lapangan yang menggambarkan objek penelitian yaitu analisa instrumentasi kompresor udara.

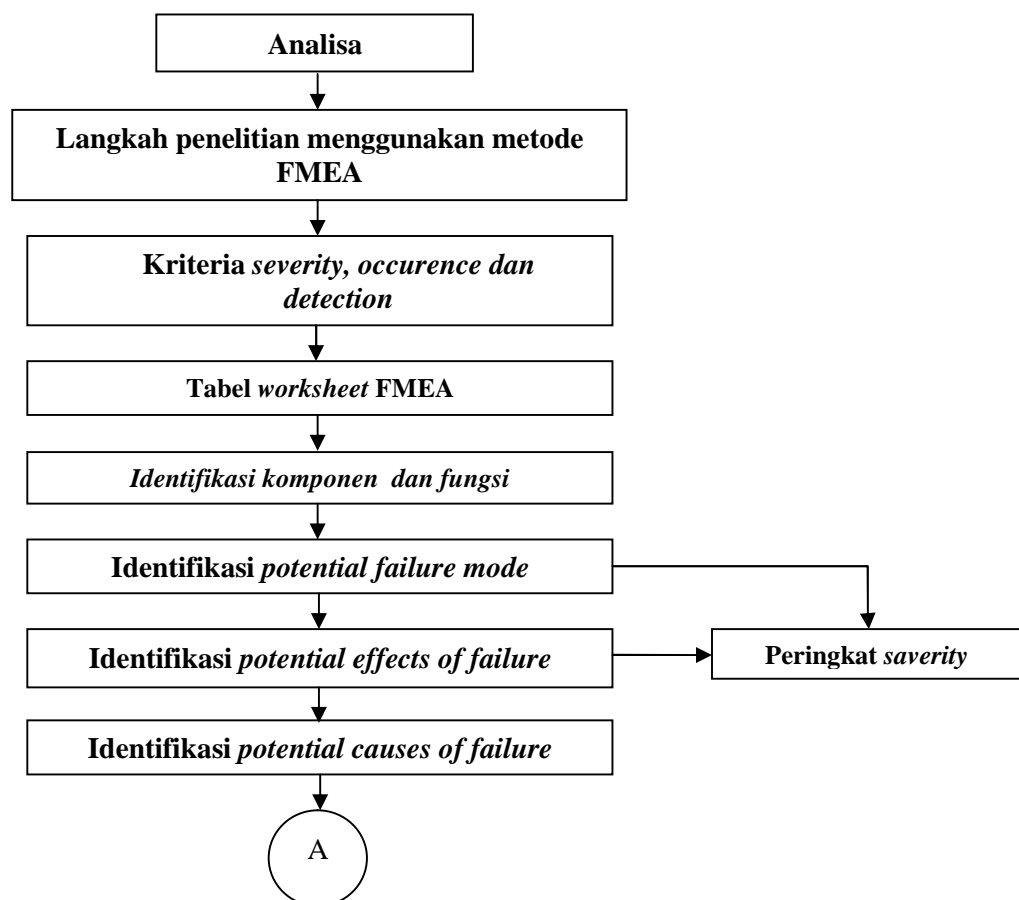
Nilai *severity* didapatkan dengan menentukan efek dari keparahan dari peringkat yang tertinggi sampai yang terendah atau tidak ada efek sama sekali, menentukan kriteria peringkat kegagalan yang terjadi di lapangan berdasarkan peringkat 1 (tidak ada efek) sampai 10 (bahaya tanpa tanda-tanda)..

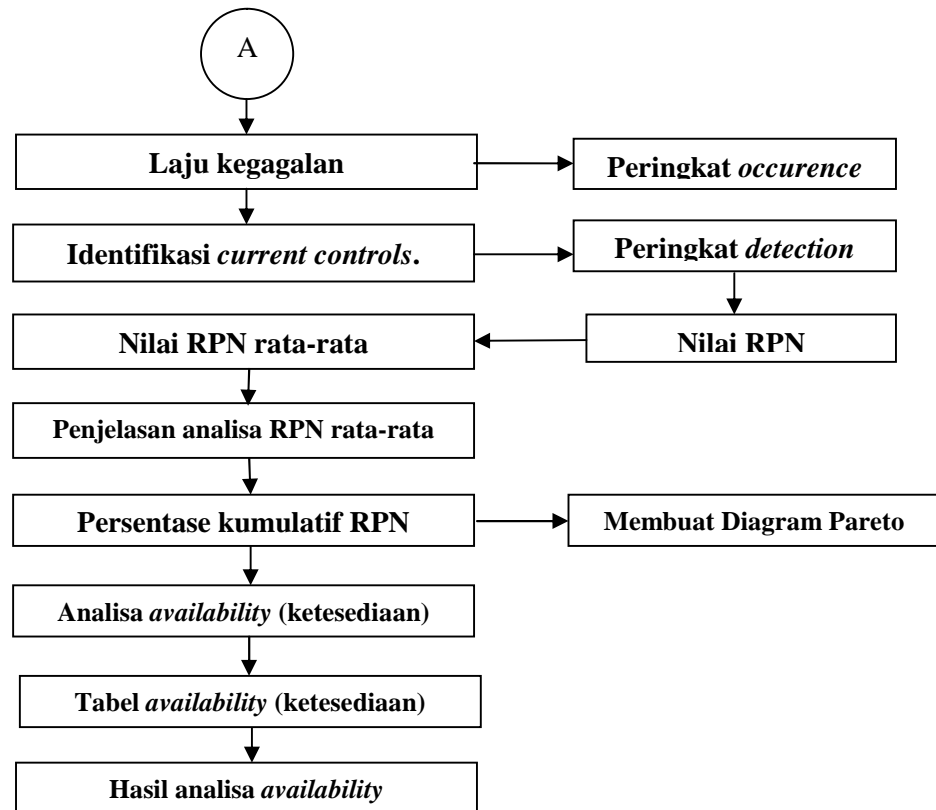
Nilai *occurence* didapatkan dengan menentukan seberapa sering akibat tersebut muncul oleh karena penyebab tertentu dalam periode Januari 2009 sampai Desember 2011. Digunakan peringkat 1 (permasalahan yang jarang terjadi) sampai peringkat 10 (munculnya permasalahan sangat tinggi).

Nilai *detection* yaitu dengan melakukan penilaian dalam seberapa besar alat mampu mendeteksi atau mengontrol kegagalan yang terjadi dan tindakan perbaikannya. Digunakan peringkat 1 (pasti terdeteksi) sampai 10 (tidak terdeteksi).

2.4. Analisa

Dari pengolahan data sebelumnya, kemudian dilakukan analisa data yang bertujuan mendapatkan hasil dari nilai RPN terhadap keandalan insrumentasi kompresor udara, ada beberapa tahapan dalam analisa data yaitu:





Gambar 2.2. *Flowchart* analisa penelitian.

Penjelasan *flowchart* analisa penelitian:

1. Langkah penelitian menggunakan metode FMEA.

Menjelaskan langkah-langkah yang akan disusun dalam menganalisa instrumentasi kompresor udara menggunakan metode *Failure Mode And Effects Analysis* (FMEA) dalam penelitian.

2. Kriteria *severity*, *occurrence* dan *detection*.

Menjelaskan tingkatan kejadian gangguan berdasarkan kriteria *severity*, *occurrence* dan *detection*. masing-masing kriteria terdapat 1 sampai dengan 10 peringkat.

3. Tabel *worksheet* FMEA.

Membuat tabel *worksheet* FMEA untuk kompresor udara berdasarkan referensi *manual failure mode and effects analysis* dari *Automotive Industry Action Group* (AIAG). Ada 4 tabel *worksheed* yang dibuat yaitu untuk analisa instrumentasi masing-masing kompresor udara 910-C-1A/1B/1C/1D.

4. Identifikasi komponen dan fungsi.
Mengidentifikasi jenis komponen dan fungsi instrumen yang mengalami kegagalan tersebut.
5. Identifikasi *potential failure mode* (potensi mode kegagalan).
Mengidentifikasi potensi mode/bentuk kegagalan yang terjadi pada instrumen kompresor udara di lapangan.
6. Identifikasi *potential effects of failure* (potensi efek kegagalan).
Mengidentifikasi potensi efek atau akibat kegagalan yang dapat ditimbulkan pada kompresor udara di lapangan.
7. Peringkat *saverity* (keparahan).
Memberikan perangkingan atau peringkat berdasarkan mode dan efek kegagalan yang terjadi dilapangan berdasarkan kriteria *severity*.
8. Identifikasi *potential causes of failure* (potensi penyebab kegagalan).
Identifikasi potensi penyebab kegagalan kompresor udara berdasarkan kejadian dilapangan.
9. Laju kegagalan ()
Menemukan laju kegagalan atau banyaknya kejadian kegagalan yang terjadi selama selang periode 2009 s/d 2011.
10. Peringkat *occurrence* (frekuensi kejadian).
Memberikan peringkat berdasarkan laju kegagalan yang terjadi selama periode 2009 s/d 2011 berdasarkan kriteria *occurrence*.
11. Identifikasi *current controls* (bentuk pengendalian).
Bentuk pengendalian dalam memecahkan masalah dengan melakukan tindakan perbaikan atau perawatan untuk mengurangi atau menghilangkan kegagalan.
12. Peringkat *detection* (deteksi).
Memberikan peringkat berdasarkan bentuk pengendalian yang terjadi dilapangan berdasarkan kriteria *severity*.
13. Nilai *Risk Priority Number* (RPN).
Melakukan perhitungan nilai RPN dengan mengkalikan ketiga kriteria *severity*, *occurrence* dan *detection* yang didapat.
14. RPN rata rata
Nilai RPN yang sudah didapatkan kemudian diolah untuk mendapatkan RPN rata-rata setiap instrumen.

15. Penjelasan analisa RPN rata-rata.

Membuat tabel RPN rata-rata kemudian memberikan penjelasan hasil dari analisa nilai RPN rata-rata instrumentasi kompresor udara di PT. Pertamina (Persero) RU II Dumai.

16. Persentase kumulatif RPN

Menentukan persentase kumulatif instrumentasi kompresor udara untuk membuat grafik diagram pareto.

17. Membuat diagram pareto.

Membuat grafik diagram pareto menggunakan *software Microsoft Excel* berdasarkan persentase kumulatif.

18. Analisa *availability* (ketersediaan).

Melakukan analisa ketersediaan dengan menentukan waktu operasi, menghitung laju kegagalan, *mean time to failure* (MTTF) dan *mean time to repair* (MTTR) berdasarkan data gangguan *instrument* kompresor udara pada lampiran.

19. Tabel *availability* instrumentasi kompresor udara.

Membuat tabel ketersediaan pada instrumentasi kompresor udara 910-C-1A/B/C/D berdasarkan analisa *availability* diatas.

20. Hasil analisa *availability*.

Menjelaskan nilai ketersediaan terendah pada komponen instrumentasi kompresor udara PT. Pertamina (Persero) RU II Dumai dan perbandingan target standar dari perusahaan.

2.5. Kesimpulan dan Saran

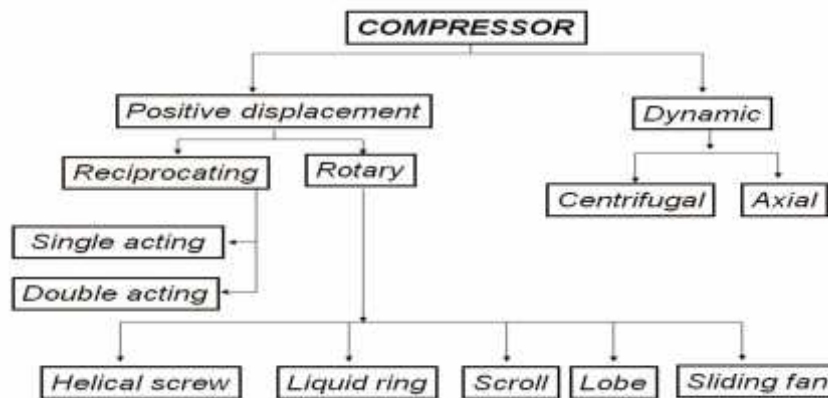
Menjelaskan hasil rangkuman dari analisa data yang didapat dari penelitian keandalan instrumentasi kompresor udara PT. Pertamina (Persero) RU II Dumai serta memberikan saran untuk penelitian selanjutnya.

BAB III

TINJAUAN PUSTAKA

3.1. Pengertian Kompresor

Kompresor adalah mesin mekanik yang digunakan untuk menghasilkan udara atau gas bertekanan dengan cara memampatkannya. Kompresor bekerja dengan menghisap udara atau gas dari atmosfer untuk menghasilkan udara bertekanan agar dapat mengalirkan udara sesuai dengan kebutuhan proses di industri. Berdasarkan kompresinya terdapat dua jenis kompresor yaitu kompresor pemindahan positif (*positive displacement compressor*) dan kompresor dinamis (*dynamic compressor*) seperti gambar 3.1 di bawah ini.



Gambar 3.1. Pembagian kompresor.

(Sumber: US DOE, 2003)

3.1.1. Kompresor Pemindahan Positif (*Positive Displacement Compressor*)

Kompresor pemindahan positif berkerja dengan memberikan tekanan udara. Gaya yang diberikan mengakibatkan terjadinya kenaikan tekanan yang menyebabkan udara keluar. Kompresor ini dibagi 2 yaitu: kompresor piston (*reciprocating compressor*) dan kompresor putar (*rotary compressor*).

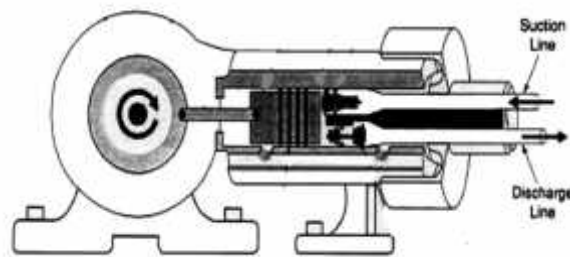
1. Kompresor Piston (*Reciprocating Compressor*)

Kompresor piston merupakan salah satu jenis kompresor yang telah digunakan untuk aplikasi yang sangat luas. Prinsip kerja kompresor ini adalah pada saat piston ditarik *volume* akan membesar, tekanan akan menurun. Pada saat tekanan menurun udara yang memiliki tekanan lebih tinggi akan memasuki ruangan melalui katup isap. Pada saat piston

bergerak menekan, maka volume udara akan mengecil sehingga tekanan akan membesar. Dengan tekanan yang lebih besar dari tekanan di luar, maka udara akan bergerak dari ruangan menuju keluar melalui katup tekan. Kompresor jenis ini dilengkapi dua jenis katup yaitu katup isap dan katup tekan. Katup isap berfungsi sebagai saluran masuk udara sebelum dikompresi. Setelah dikompresi udara tersebut akan dialirkan ke katup tekan.

Kompresor piston tidak dapat melakukan putaran tinggi, karena dapat menghasilkan gaya inersia akibat gerak bolak-baliknya. Sehingga dengan putaran yang tinggi akan mengakibatkan gaya inersia juga tinggi, hal ini akan menimbulkan getaran yang tinggi dan dapat memicu kerusakan komponen-komponen mekanik kompresor (Hanlon, 2001).

Kompresor yang kompresinya hanya pada satu sisi disebut *single acting compressor*. Kompresor yang terdiri dari dua sisi kompresi disebut *double acting compressor*. Susunan yang terdiri dari satu atau banyak silinder dan dihubungkan secara paralel disebut *single stage compressor*.



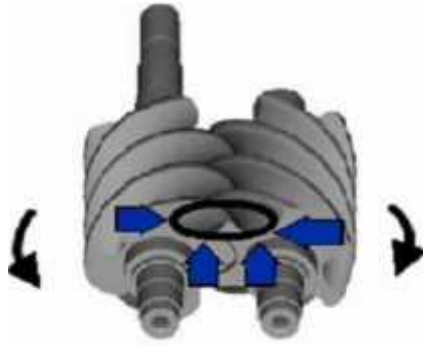
Gambar 3.2. *Reciprocating compressor*

(Sumber: Julie King, 2003)

2. Kompresor Putar (*Rotary Compressor*)

Kompresor jenis putar ini dapat menghasilkan tekanan yang tinggi, kompresor ini menghasilkan getaran yang relatif kecil dan menghasilkan keluaran lebih tinggi dibandingkan dengan kompresor piston. Hal ini disebabkan sudu-sudu pada kompresor putar, yang merupakan elemen bolak-balik, mempunyai massa yang jauh lebih kecil dari pada piston. Selain itu kompresor putar tidak memerlukan katup (Hanlon, 2001).

Kompresor putar menggunakan media air sebagai pendingin, pendinginan dilakukan pada bagian dalam kompresor agar temperatur operasi yang tinggi tidak akan terjadi, Sehingga keamanan komponen dapat terjaga. Kompresor putar ini ada beberapa model yaitu: *Helical Screw, liquid ring, lube, scroll* dan *sliding fan*.



Gambar 3.3. *Rotary helical screw compressor.*

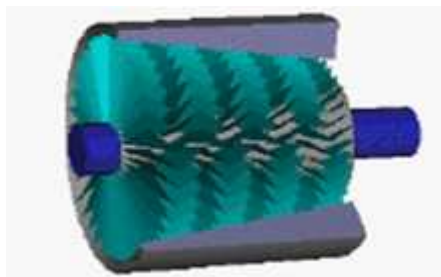
(Sumber: Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri di Asia, 2006)

3.1.2. Kompresor Dinamik (*Dynamic Compressor*)

Kompresor ini bekerja dengan cara memindahkan energi pada *impeller* dengan dasar pembelokan aliran sehingga energi kinetik dalam kompresor akan bertambah seiring bertambahnya kecepatannya. Kompresor jenis ini dibagi dua yaitu: kompresor *sentrifugal* dan kompresor *axial*.

1. Kompresor Aksial (*Axial Compressor*)

Pada kompresor aksial aliran udara paralel terhadap sumbu putar. Kompresor ini tersusun atas beberapa tingkat *impeller*, beberapa tingkat tersebut disebut rotor yang dihubungkan dengan poros sentral yang berputar dengan kecepatan tinggi. Arah aliran udara yang masuk searah dengan udara yang digunakan oleh kompresor. Kompresor ini banyak digunakan untuk industri pesawat terbang.

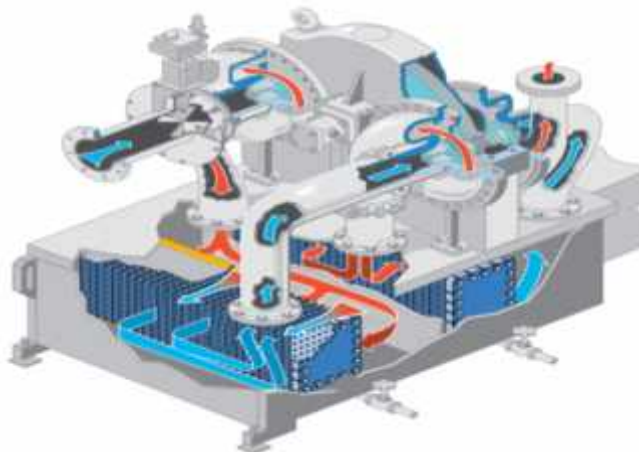


Gambar 3.4. *Axial compressor.*

(Sumber: Julie King, 2003)

2. Kompresor *Sentrifugal*

Kompresor *sentrifugal* termasuk bagian dari kompresor dinamis, prinsip kerja tergantung pada masukan energi dari *impeller* berputar ke udara. Proses kompresi atau penekanan pada kompresor *sentrifugal* terdiri dari beberapa tahap. Udara dihisap memasuki kompresor melewati sebuah pipa masuk. Kemudian pada waktu udara melewati sudu-sudu putar (*impeller*), gaya tersebut ditransmisikan atau dipindahkan untuk menambah energi kinetik aliran dengan memberikan percepatan pada udara. Sesudah udara melewati *impeller*, udara memasuki *difuser* yang merubah energi kinetik menjadi energi potensial tekanan. Kompresor udara *sentrifugal* menggunakan media pendingin air. Kompresor *sentrifugal* lebih sesuai diterapkan untuk kapasitas besar seperti untuk industri



Gambar 3.5. *Centrifugal air compressor.*

(Sumber: FS-Elliott, 2005)

Kompresor jenis *sentrifugal* ini digunakan pada industri perminyakan di PT. Pertamina (Persero) RU II Dumai di bagian *Maintenance Area III* sebagai pembangkit untuk menyuplai udara bertekanan menuju unit atau bagian kilang yang membutuhkan udara kompresi seperti untuk *air instrument system* dan *plan air system*. Kompresor udara ini menggunakan penggerak (*Driver*) dari tubin uap dan motor listrik.

Pada tugas akhir ini penulis hanya membahas kompresor udara PT. Pertamina (Persero) RU II Dumai jenis *sentrifugal*.

3.2. Kompresor Udara PT. Pertamina (Persero) RU II Dumai

Udara bertekanan dari kompresor udara dimanfaatkan untuk menyuplai kebutuhan *plant air system* dan *instrument air system*. Kompresor udara yang dimiliki PT. Pertamina (Persero) RU II Dumai di *Maintenance Area III* sebanyak 4 unit, 2 unit digerakkan oleh motor dan 2 unit lagi oleh turbin uap. Merek kompresor udara yang digunakan adalah *Pap Plus Compressor United Technologies Elliott, Elliott Company Pennesylvanio, USA*.



Gambar 3.6. Kompresor udara PT. Pertamina (Persero) RU II Dumai.

Prinsip kerja dari operasi kompresor udara PT. Pertamina (Persero) RU II Dumai sebagai berikut:

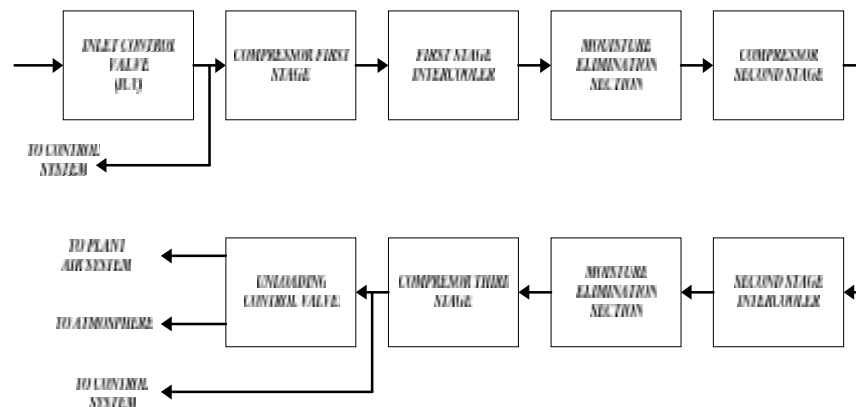
Udara dari atmosfer dihisap oleh kompresor dari *inlet*, udara disaring melalui *air filter* untuk menghilangkan debu, kotoran atau uap air yang dapat mengganggu atau merusak komponen. Volume udara yang masuk dikontrol oleh sebuah *inlet control valve*. Selanjutnya udara masuk melalui sudu-sudu putar tahap pertama (*first stage impeller*), dan udara diteruskan melewati sebuah pendingin tahap pertama (*first stage intercooler*) untuk menurunkan temperatur dari hasil kompresi pertama. Udara kemudian dikompresi kembali melalui sudu-sudu putar kedua (*second stage impeller*) dan dilanjutkan ke pendingin tahap dua (*second stage intercooler*). Setelah melalui pendingin tahap kedua, udara dikompresi untuk ketiga kalinya melalui sudu-sudu putar ketiga (*third stage impeller*), dan udara didinginkan lagi di *third stage intercooler* untuk menurunkan temperaturnya kembali.

Udara kompresi kemudian dilewatkan melalui *filter* dan ditampung pada tangki *vessel* yang nanti akan digunakan untuk kebutuhan kilang. Udara bertekanan ini akan digunakan sebagai suplai untuk *plant* dan *air instrument* yang membutuhkan tekanan

pneumatik di unit lain. Untuk kebutuhan suplai *air instrument* udara harus melalui unit pengering (*dryer*) untuk menghilangkan uap air yang masih tersisa dari proses.

Kompresor udara di PT. Pertamina (Persero) RU II Dumai memiliki dua fungsi, yaitu sebagai *plant air supply* untuk menyuplai udara kompresi untuk kebutuhan perawatan dan pembersihan pada peralatan atau mesin di area kilang. Sementara untuk *instrument air supply* digunakan menyuplai udara kompresi untuk peralatan instrumentasi yang membutuhkan tekanan pneumatik diantaranya *control valve*, *control pneumatic*, dan *transmitter pneumatic*. Peralatan industri yang membutuhkan tekanan pneumatik dari kompresor udara yaitu pada boiler, *demineralizer*, PLTU, *deaerator* dan lainnya.

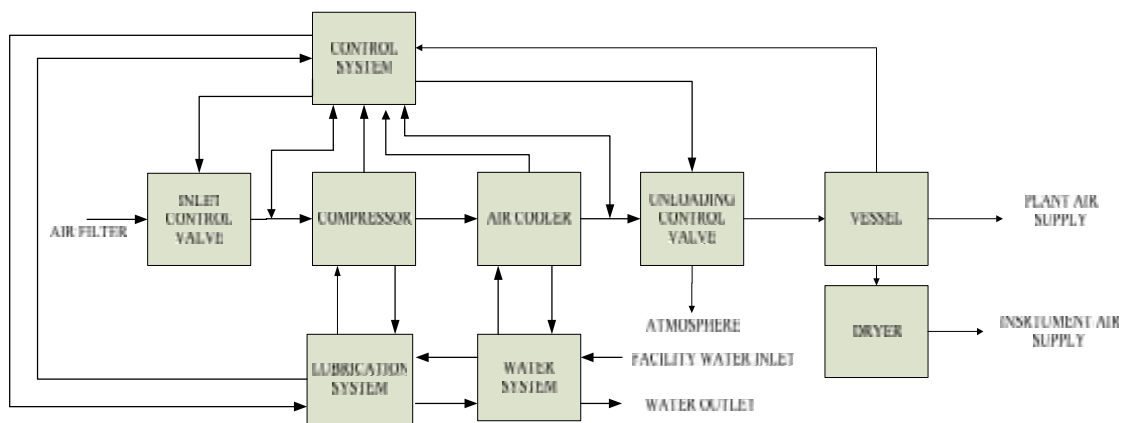
Unloading Control Valve (UCV) akan berkerja ketika keluaran tekanan udara yang dihasilkan melebihi kapasitas tekanan atau terjadi *surging*. UCV berkerja membuka katup untuk membuang udara ke atmosfer dan akan menutup bila tekanan kembali normal.



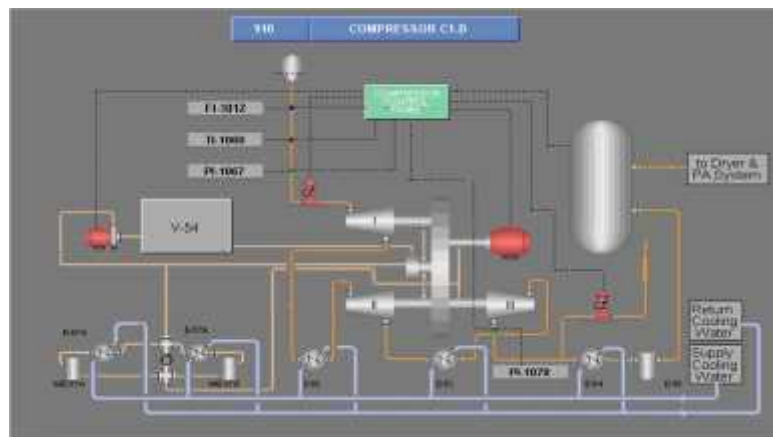
Gambar 3.7. Block diagram sistem udara PAP Plus air compressor.

(Sumber: *Technical Manual Prepared United Technologies Elliot, 1977*)

Sistem pelumasan (*Lubrication system*) berfungsi sebagai pelumas oli sangat penting dalam menjaga agar *bearing* dan *gear* kompresor dalam keadaan baik serta menjaga dari keausan komponen. Untuk *water system* digunakan sebagai pendingin atau pelembap udara yang telah di kompresi pada *intercooler* agar temperatur udara dan oli dapat diturunkan karena temperatur yang tinggi dapat menyebabkan kerusakan pada komponen atom mesin kompresor udara.



Gambar 3.8. *Block diagram* sistem kontrol kompresor udara PT. Pertamina RU II Dumai.
(Sumber: *United Technologies Elliot, 1977*)



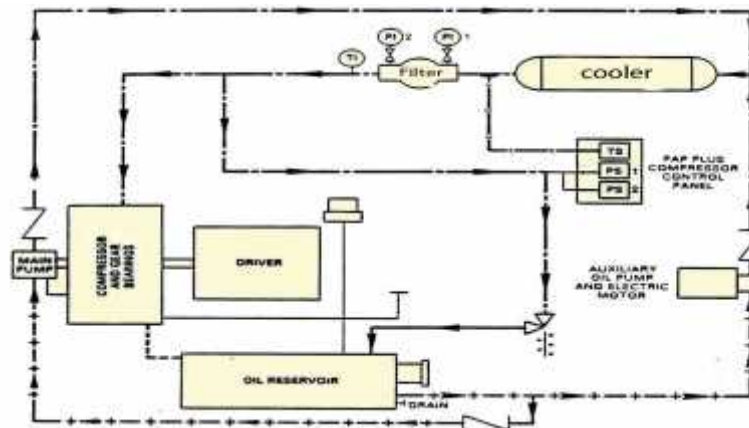
Gambar 3.9. DCS kompresor udara dengan penggerak motor listrik di PT. Pertamina (Persero) RU II Dumai. (Sumber: PT. Pertamina RU II Dumai)

Kompresor udara di PT. Pertamina (Persero) RU II digerakan (*driver*) oleh turbin uap dan motor listrik dengan kecepatan 2960 s/d 3600 rpm. Untuk menggerakkan turbin uap energi berasal dari uap air bertekanan tinggi (*high pressure steam*) yang dihasilkan dari proses penguapan air di boiler. Turbin uap ini mengubah energi potensial menjadi energi kinetik yang kemudian di ubah menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran rotor, sedangkan pada motor listrik energi dihasilkan dari pembangkit listrik PLTU dan PLTD milik Pertamina.

Ada beberapa bagian atau sistem yang penting dalam menunjang kinerja suatu kompresor udara di PT. Pertamina (Persero) RU II Dumai yaitu:

3.2.1. Lubrication System (Sistem Pelumasan)

Sistem pelumasan (*lubrication system*) sangat penting digunakan di dalam kompresor. Sebelum kompresor *start*, oli sebagai pelumas *bearing* dan *gear* harus dalam keadaan baik. Oli masuk ke *bearing* dan *gear* yang dialirkan oleh *auxiliary oil pump* yang berfungsi memompa oli. *Auxiliary oil pump* bekerja saat tekanan 20 psi (1.4 bar). Setelah kompresor udara berkerja maka *main oil pump* kompresor akan mengambilalih kerja *auxiliary oil pump*. Oli tersebut berfungsi sebagai pelumas dan sekaligus pendingin kerja *bearing* dan *gear* untuk mencegah terjadinya keausan yang merusak komponen di dalam kompresor. Di dalam sistem ini terdapat *instrument* yang mengukur temperatur, level, dan tekanan antara lain: *Low Oil Level Switch* (LOLS), *High Oil Temperature Switch* (HOTS), *Differential Oil Pressure Switch* (DOPS) dan *Auxiliary Oil Pump Switch* (AOPS).



Gambar 3.10. Skema sistem pelumasan kompresor udara.

(Sumber: *United Technologies Elliot, 1977*)

3.2.2. Water System (Sistem Air)

Sistem ini berkerja untuk menyuplai air pendingin (*supply water cooling*) yang berfungsi sebagai pendingin udara (*air coolers*) dan pendingin oli (*oil coolers*) untuk mengendalikan temperatur di dalam kompresor, serta menjaga agar kompresor tetap berkerja optimal, temperatur air 35°C. *Instrument* yang terdapat pada *water system* ini adalah *temperature indicator*.

3.2.3. Air Filter (Penyaring Udara)

Air filter ini berfungsi menyaring udara masuk pada tekanan atmosfer untuk mendapatkan udara yang bersih dari kotoran, debu dan juga untuk menghilangkan kelembapan masuk ke kompresor yang dapat menyebabkan kerusakan pada *impeller*.

Udara yang masuk diproses oleh kompresor untuk menghasilkan udara bertekanan. *Instrument* yang terdapat pada *air filter* yaitu *Air Temperature Transmitter (ATTR)* dan *Differential Inlet Air Pressure Switch (DIAPS)*.

3.2.4. *Dryer (Pengering)*

Udara bertekanan masuk ke tangki pengering (*dryer*). Udara yang masih mengandung uap air akan dikeringkan pada unit *dryer* yang di dalamnya terdapat bahan *katalist* yang menyerap air sehingga udara yang dihasilkan kering tidak mengandung uap air lagi. *Dryer* digunakan untuk kebutuhan suplai *air instrument*.



Gambar 3.11. Pengering (*Dryer*).

3.2.5. *Inlet Control Valve (ICV)*

Berdasarkan sinyal yang dikirim dari *controller*, *inlet control valve* berkerja untuk membuka membuka atau menutup aliran udara masuk pada kompresor. Perubahan *temperature* atau *pressure* yang di ukur oleh ATTR (*air temperature transmitter*) akan mempengaruhi posisi bukaan ICV. Jenis *inlet control valve* yang digunakan adalah *butterfly valve*. Fungsi *inlet control valve* untuk mengatur udara yang akan masuk dari *filter* udara ke *impeller* di dalam kompresor. *Inlet control valve* bekerja dengan sinyal pneumatik 3-15 psi, apabila sinyal hilang maka *valve* akan menutup.



Gambar 3.12. *Inlet control valve*.

(Sumber: PT. Pertamina RU II Dumai)

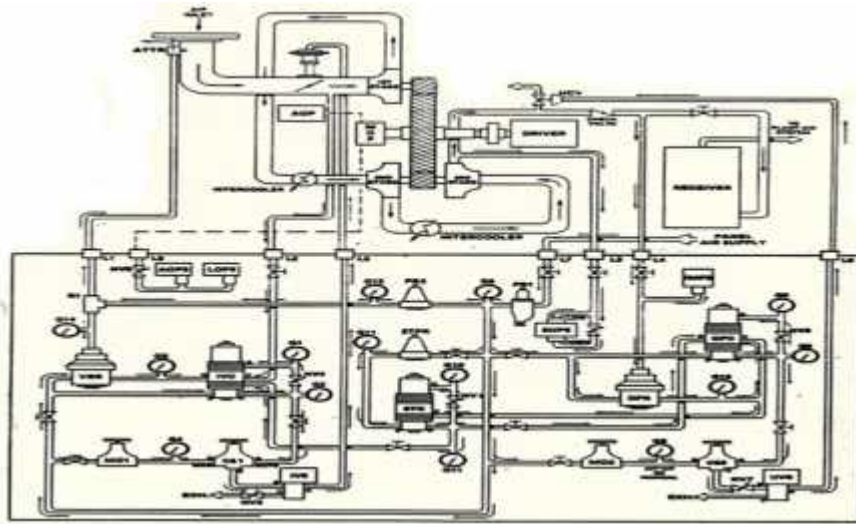
3.2.6. Unloading Control Valve (UCV)

Dari *stage third impeller* dihasilkan udara bertekanan yang akan dialirkan ke *plant air system*. Apabila tekanan udara *discharge* yang dihasilkan sangat tinggi maka *unloading control valve* berkerja membuka katup dan udara akan dibuang ke atmosfer. UCV akan menutup kembali jika tekanan kembali normal. UCV pada kompresor udara menggunakan tipe *throttling plug* dan bekerja dengan sinyal pneumatik 3-15 psi.

3.2.7. Control System

Control system adalah proses pengaturan ataupun pengendalian terhadap satu atau beberapa besaran (*parameter*) sehingga berada pada suatu harga (*range*) tertentu.

Control system ini mengatur aliran udara melalui kompresor dengan mengutamakan udara masuk ke kompresor *inlet control valve* dan pembuangan udara melalui *unloading control valve* ketika kompresor mengalami *surging* atau berhenti. Sistem kontrol bekerja secara otomatis mendeteksi, mengukur dan mengontrol kerja kompresor udara dan memberikan tanda *alarm* (peringatan) hingga memerintahkan untuk melakukan *shutdown*, yaitu ketika temperatur udara antar *stage* tinggi, temperatur oli tinggi, vibrasi rotor tinggi, tekanan udara, dan tekanan oli rendah.



Gambar 3.13. Skema diagram sistem kontrol kompresor udara.

(Sumber: *United Technologies Elliot, 1977*)

3.2.8. Instrumentasi pada Kompresor Udara

Instrumentasi adalah alat-alat atau piranti (*device*) yang dipakai untuk pendeteksian, pengukuran dan pengendalian dalam suatu sistem yang lebih besar dan lebih kompleks.

Ada beberapa komponen instrumentasi yang terdapat pada kompresor udara PT. Pertamina (Persero) RU II antara lain:

1. *Air Temperature Transmitter (ATTR)*

Pada kompresor udara, *air temperature transmitter* memiliki fungsi tertentu. Fungsi dari ATTR ini untuk memastikan ketersediaan kontrol suplai udara dan mengukur temperatur udara atmosfer menggunakan sensor suhu yang terpasang di dalam kompresor pada pipa *inlet*. Saat temperatur udara pada *air temperature transmitter* naik maka tekanan juga akan ikut naik, begitu pula sebaliknya.

2. *High Oil Temperature Switch (HOTS –1 Alarm, HOTS-2 Trip)*

Pada kompresor udara, *high oil temperature switch* sangat penting untuk menjaga agar kompresor tetap aman. Kontak *alarm* (HOT-1) akan terbuka jika temperatur dari *oil cooler* melebihi 132°F (56°C). Lampu petunjuk *alarm high oil temperature* akan menyala *on* pada sistem *alarm*. Kontak *trip* (HOTS-2) akan terbuka jika temperatur dari *oil cooler* melebihi 140°F (60°C).

3. *High Air Temperature Switch (HATS-1 Alarm HATS-2 Trip)*

Kontak *alarm* (HATS-1) terbuka jika temperatur udara pada *final stage inlet* melebihi 135°F (57°C), lampu *alarm* indikator *high air temperature* akan *on* pada sistem *alarm* yang terpasang pada kontrol panel. Kontak *trip* (HATS-2) akan terbuka jika udara pada *final stage inlet* mencapai 145°F (63°C). Ketika temperatur turun dan operasi *range* normal, maka kontak (HATS-2) harus tertutup untuk mengoperasikan kembali.

4. *Vibration Monitor (VM)*

Vibration monitor digunakan untuk memonitor getaran rotor pada kompresor udara. Kontak *alarm* VM akan aktif dan lampu *high vibration alarm* indikator menyala *on* pada panel *alarm* jika getaran rotor kompresor mencapai 0.9 mil (0.02 mm). Kontak *vibration monitor* akan *trip* ketika getaran pada kompresor meningkat 1.2 mil (0.02 mm).

5. *Low Oil Level Switch (LOLS)*

LOLS terpasang pada *oil reservoir*. Fungsi dari LOLS ini adalah mengontrol *level oli* pada *reservoir* (tangki). Kontak LOLS akan aktif pada kontrol panel ketika *reservoir level* turun dibawah 37 gal (140 liter).

6. *Surge Pressure Switch (SUPS)*

Berfungsi mendeteksi terjadinya *surge* atau tekanan balik udara pada kompresor, SUPS akan aktif dan membuka *unloading control valve* ketika sebuah *surge* telah terdeteksi pada kompresor udara.

7. *Differential Inlet Air Pressure Switch (DIAPS)*

DIAPS terpasang pada pipa udara yang masuk ke kompresor. Kontak DIAPS aktif pada panel ketika terjadi perbedaan (*differensial*) tekanan pada penyaring udara (*air filter*) melebihi 5 inci (12.7 cm).

8. *Differential Oil Pressure Switch (DOPS)*

Berfungsi mengontrol perbedaan tekanan oli pada kompresor udara. DOPS terpasang pada pipa oli kompresor yang menuju *valve*. DOPS akan aktif ketika tekanan oli *filter* dan *cooler* mencapai 8 psi (0.6 bar).

9. *Pressure Gauge*

Pressure gauge berfungsi sebagai indikator atau penunjuk besaran tekanan udara yang masuk yang ada di dalam tabung atau pipa kompresor. *Pressure gauge* ini digunakan untuk mempermudah operator dalam pembacaan dan pengawasan kompresor.

10. *Trisen load*

Trisen load digunakan untuk mengontrol *load* kompresor udara secara individu maupun secara paralel untuk menjaga performansi kompresor. *Load shering control* berfungsi untuk menyeimbangkan beban kepada semua kompresor udara dengan tujuan untuk mencegah salah satu kompresor udara terjadi *surging* sedangkan kompresor udara lain masih jauh dari *surging*.

11. *Auxiliary Oil Pump Switch (AOPS)*

Fungsi dari AOPS adalah sebagai *switch* untuk menyalakan *auxiliary oil pump* ketika pompa pelumas utama (*main oil pump*) mengalami penurunan dibawah 20 psi (1.4 bar). Kontak AOPS akan *stop*, ketika tekanan pada *main pump* meningkat pada 37 psi (2.5 bar).

12. *Seal Air Pressure Switch (SAPS-1 Alarm, SAPS-2 Trip)*

Kontak *alarm* (SAPS-1) menjaga tegangan *inlet valve* untuk mencegah *inlet valve* menutup. sistem *alarm* aktif ketika tekanan *seal* udara turun dibawah 3 psi (0.2 bar). Kontak *trip* (SAPS-2) aktif ketika *seal* udara turun dibawah 1 psi (0.07 bar).

13. *Flow Indicator (FI)*

Berfungsi sebagai penunjuk dan pendeteksi kapasitas aliran udara yang masuk sebelum udara di kompresi atau dimampatkan oleh kompresor udara. FI di lapangan sebesar 17,0 m³/h

14. *Temperature Inducator (TI)*

Berfungsi sebagai penunjukan dan pengukuran temperatur udara yang masuk sebelum udara dikompresi dan setelah dikompresi, untuk TI sebelum di kompresi udara sebesar 38,61°C dan TI setelah dikompresi sebesar 35,61°C

15. *Pressure Indicator (PI)*

Berfungsi sebagai penunjukan dan pengukuran tekanan udara yang masuk sebelum udara dikompresi, PI yang di lapangan sebesar 102 kg/cm².

16. *Governor*

Memiliki fungsi mengontrol putaran turbin uap dengan mengatur kapasitas *high pressure steam* yang dibutuhkan untuk menggerakkan kompresor udara. *High pressure steam* berasal dari penguapan air dari proses *boiler*.

3.3. Metode *Failure Mode And Effects Analysis (FMEA)*

FMEA secara formal pertama kali digunakan pada industri penerbangan pada pertengahan 1960 secara khusus berfokus pada isu-isu keselamatan. Pada fase berikutnya FMEA berperan penting dalam meningkatkan keselamatan kerja terutama pada proses industri (McDermott. 2009).

FMEA merupakan suatu metode yang bertujuan untuk mengevaluasi desain sistem dengan mempertimbangkan bermacam-macam mode kegagalan dari sistem yang terdiri dari komponen-komponen dan menganalisis pengaruh-pengaruhnya terhadap keandalan sistem tersebut. Dengan penelusuran pengaruh-pengaruh kegagalan komponen sesuai dengan level sistem, item-item khusus yang kritis dapat dinilai dan tindakan-tindakan perbaikan diperlukan untuk memperbaiki desain dan mengeliminasi atau mereduksi probabilitas dari mode-mode kegagalan yang kritis.

Metode FMEA merupakan metode pendekatan yang menerapkan suatu metode petabelan untuk membantu operator untuk mendefinisikan mode kegagalan potensial dan efeknya.

Dalam FMEA dapat dilakukan perhitungan RPN untuk menentukan tingkat kegagalan tertinggi. *Risk Priority Number (RPN)* merupakan hubungan antara tiga buah variabel yaitu *severity* (keparahan), *occurrence* (frekuensi kejadian), *detection* (deteksi kegagalan) yang menunjukkan tingkat resiko yang mengarah pada tindakan perbaikan. *Saverity* merupakan konsekuensi dari kegagalan yang seharusnya terjadi padanya, *occurence* merupakan kemungkinan atau frekuensi terjadinya kegagalan, dan *detection*

merupakan kemungkinan dari kegagalan terdeteksi sebelum pengaruh dari akibat yang terjadi.

Ada beberapa langkah-langkah yang dapat dilakukan dalam menentukan metode FMEA yaitu:

Tabel 3.1. Langkah kerja metode FMEA.

| | |
|------------|--|
| Langkah 1 | Peninjauan kembali proses. |
| Langkah 2 | Pembahasan mode-mode kegagalan potensial. |
| Langkah 3 | Membuat daftar akibat-akibat yang potensial dari masing-masing mode kegagalan. |
| Langkah 4 | Menentukan nilai <i>severity</i> untuk masing-masing akibat. |
| Langkah 5 | Menentukan nilai <i>occurrence</i> untuk setiap mode kegagalan. |
| Langkah 6 | Menghitung nilai <i>detection</i> untuk setiap mode atau akibat kegagalan. |
| Langkah 7 | Menghitung nilai prioritas resiko (<i>risk priority number</i>) untuk setiap mode kegagalan. |
| Langkah 8 | Prioritaskan mode-mode kegagalan yang perlu mendapat tindakan korektif. |
| Langkah 9 | Mulai bertindak menghapus dan mengurangi resiko mode kegagalan yang tinggi. |
| Langkah 10 | Mengkalkulasi untuk menghasilkan RPN dengan mengurangi atau menghapus mode kegagalan. |

Sumber: McDermott (2006)

Penjelasan langkah kerja metode FMEA:

1. Peninjauan kembali proses

Melakukan peninjauan kembali proses kerja kompresor udara, bagian-bagian komponen atau alat yang mengalami gangguan atau kegagalan untuk dilakukan analisa.

2. Pembahasan mode-mode kegagalan potensial

Mengetahui mode atau bentuk kegagalan yang terjadi pada komponen atau alat kompresor udara.

3. Membuat daftar akibat-akibat yang potensial dari masing-masing mode kegagalan.

Membahas akibat atau dampak dari mode kegagalan yang terjadi pada kompresor udara.

4. Menentukan nilai *severity* untuk masing-masing akibat.
Membuat dan menentukan nilai dari *severity* (keparahan) untuk mendapatkan efek, kriteria dan peringkat keparahan pada suatu sistem atau komponen. Nilai dari *severity* ini dapat dilihat pada tabel 3.3.
5. Menentukan nilai *occurrence* untuk setiap mode kegagalan.
Membuat dan menentukan nilai dari *occurrence* (kejadian) untuk mendapatkan kriteria dan peringkat dari masing-masing komponen. Nilai dari *occurrence* dapat dilihat pada tabel 3.4.
6. Menentukan nilai *detection* untuk setiap mode atau akibat kegagalan.
Membuat dan menentukan nilai dari *detection* (deteksi) untuk mendapatkan kriteria dan peringkat dari masing-masing komponen. Nilai dari *detection* dapat dilihat pada tabel 3.5.
7. Menghitung nilai prioritas resiko RPN untuk setiap mode kegagalan.
Melakukan perhitungan dengan mengkalikan nilai dari *severity*, *occurrence* dan *detection* dari masing-masing komponen.
8. Prioritaskan mode-mode kegagalan yang perlu mendapat tindakan korektif.
Setelah dilakukan perhitungan RPN untuk masing-masing potensi kegagalan maka disusun prioritas berdasarkan nilai RPN tersebut. Nilai tertinggi RPN adalah 1000 dan yang terkecil 1. Untuk mendapatkan tindakan korektif ditentukan bahwa nilai RPN diatas 200 perlu mendapatkan penanganan khusus untuk memperkecil kemungkinan terjadinya kegagalan dan dampaknya.
9. Mulai bertindak menghapus dan mengurangi resiko mode kegagalan yang tinggi.
Untuk resiko kegagalan tinggi perlu dilakukan penghapusan atau menurunkan kegagalan dengan melakukan penanganan khusus dengan melakukan pencegahan berupa (*maintenance*) perawatan secara rutin, perbaikan untuk mengurangi efek kegagalan, dan meningkatkan kemampuan untuk mendeteksi kegagalan. Untuk tindakan langkah 9 perlu dilakukan apabila RPN diatas 200.
10. Mengkalkulasi untuk menghasilkan RPN dengan mengurangi atau menghapus mode kegagalan.
Melakukan perhitungan ulang RPN setelah dilakukan perbaikan untuk penurunan resiko kegagalan. hasil tindakan ini harus menghasilkan penurunan pada RPN dari pada sebelumnya. Apabila belum bisa dicapai perlu dilakukan tindakan lebih lanjut. Catatan: untuk langkah 10 penulis tidak melakukan analisa lanjutan.

Tabel 3.2. *Worksheet FMEA*.

| <i>Component and function</i> | <i>Potential Failure Mode</i> | <i>Potential Effect of Failure</i> | <i>S E V</i> | <i>Potential Causes of Failure</i> | <i>O C C</i> | <i>Current Controls</i> | <i>D E T</i> | <i>R P N</i> | <i>Recommended Action</i> |
|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|----------------------|------------------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|---------------------------|
| | | | | | | | | | |

Sumber: Robin E. McDermott (2009).

Keterangan *Worksheet FMEA*:

1. *Component and Function*

Component berisi tentang komponen atau item yang dianalisa dan fungsinya untuk memenuhi tujuan dari proses yang dianalisa.

2. *Potential Failure Mode* (Potensi Mode Kegagalan)

Potential failure mode berisi tentang identifikasi jenis-jenis potensi kegagalan yang mengurangi kemampuan komponen atau bentuk kesalahan yang mungkin terjadi selama kegiatan proses (McDermott,2009). Mode-mode kegagalan seperti:

- a. Jarum penunjuk PI bergeser.
- b. Gerigi PI sudah aus.
- c. Sensor atau alat usak.
- d. *Setting alarm/trip* berubah.
- e. Sinyal hilang.
- f. *Cracked* (retak).
- g. *Deformed* (cacat).
- h. *Leaking* (kebocoran).
- i. *Sticking* (merekat).
- j. *Oxidized* (teroksidasi).
- k. *Short circuit* (hubungan singkat elektrik).
- l. *Fractured* (patah).
- m. Kotor.
- n. *Vibrasi* tinggi.
- o. *Overload* (kelebihan beban).
- p. Lepas.

3. *Potential Effect of Failure* (Potensi Pengaruh Kegagalan).

Potential effect of failure berisi tentang akibat-akibat yang akan ditimbulkan jika komponen tersebut gagal seperti disebutkan dalam *failure mode*. Akibat dari potensi kegagalan merupakan hasil dari sebab adanya potensi kegagalan atau diartikan sebagai

kelanjutan dari kerusakan yang ada dan akan berakibat menjadi kerusakan yang lebih parah jika tidak adanya tindakan yang segera mungkin untuk menanggulangnya (Kusuma, 2009). Akibat-akibat dari kegagalan yang terjadi seperti:

- a. *Noise* (bising).
- b. *Erratic operation* (operasi yang tak menentu).
- c. *Unstable* (tidak stabil).
- d. *Rough* (kasar).
- e. Performansi menurun.
- f. Mesin *trip*.
- g. *Surging* (tekanan balik).
- h. Muncul *alarm*.
- i. Terbakar atau meledak.
- j. ICV dan UCV tidak berkerja.

4. *Severity* (Keparahan)

Severity merupakan nilai keparahan dari efek yang ditimbulkan oleh mode kegagalan terhadap keseluruhan sistem. Peringkat 1 (kondisi terbaik) sampai peringkat 10 (kondisi terburuk). Peringkat *severity* adalah yang berhubungan dengan tingkat keparahan efek yang ditimbulkan oleh mode efek kegagalan (Febriani, 2007).

5. *Potential Causes of Failure* (potensi penyebab kegagalan).

Potential causes of failure ini berisi tentang apa saja yang menyebabkan terjadinya kegagalan pada suatu sistem, sehingga penyebab kegagalan dapat dianalisa.

6. *Occurrence*

Occurrence adalah ukuran seberapa sering kegagalan terjadi, digunakan peringkat 1 (permasalahan yang jarang terjadi atau terkontrol) sampai peringkat 10 (munculnya permasalahan sangat tinggi).

Occurrence merupakan sebuah penilaian dengan tingkatan tertentu dimana adanya sebuah sebab kerusakan secara mekanis yang terjadi pada mesin. Dari angka atau tingkatan *occurrence* ini dapat diketahui kemungkinan terdapatnya kerusakan dan tingkat keseringan terjadinya kerusakan mesin (Kusuma, 2009).

7. *Current Controls* (Bentuk Pengendalian)

Current controls diartikan bagaimana cara menanggulangi dan memecahkan masalah yang ada dengan cara melakukan tindakan perbaikan menuju hasil kerja yang baik

hingga kegagalan pada komponen tidak lagi timbul atau mengurangi angka terjadinya kerusakan (McDermott, 2009).

8. *Detection* (DET)

Detection adalah pengukuran terhadap kemampuan mendeteksi atau mengontrol kegagalan yang dapat terjadi. Digunakan peringkat 1 (pasti terdeteksi atau cepat bisa menunjukkan kegagalan yang terjadi) sampai 10 (tidak terdeteksi atau alat kontrol tidak yang bisa mendeteksi kegagalan). Penilaian tingkat *detection* penting dalam menemukan potensi penyebab yang dapat menimbulkan kerusakan serta tindakan perbaikannya.

9. *Risk Priority Number* (RPN)

RPN adalah indikator kekeritisan untuk menentukan tindakan korektif atau tindakan pengurangan kegagalan sistem yang terjadi sesuai dengan mode kegagalan (Nurkertamanda, 2009).

RPN merupakan bagian dari metode FMEA yang didapat dari hasil perkalian. Nilai RPN dihasilkan dari perkalian antara *severity*, *occurrence*, dan *detection*, atau dituliskan dengan rumus:

$$\text{RPN} = \text{SEV} \times \text{OCC} \times \text{DET} \quad (3.1)$$

Untuk mendapatkan nilai dari *severity*, *occurrence* dan *detection*, dilakukan penetapan peringkat berdasarkan masing-masing kriteria, peringkat terendah adalah 1 dan tertinggi 10. Untuk penetapan peringkat *severity*, *occurrence* dan *detection* dapat dilihat pada tabel 3.3, 3.4 dan 3.5.

Hasil perkalian untuk nilai RPN menunjukkan tingkat keseriusan dari *potential failure*, semakin tinggi nilai risiko RPN maka menunjukkan semakin bermasalah atau tinggi tingkat kekritisannya suatu sistem tersebut, begitu sebaliknya semakin rendah nilai risiko RPN maka akan semakin rendah pula tingkat kekeritisan sistem. RPN memiliki nilai maksimum 1000 untuk resiko yang terbesar, dan nilai minimumnya adalah 1.

Untuk batasan nilai peringkat keandalan RPN diberi nilai 200. Apabila gangguan atau kegagalan melebihi batas nilai dari RPN tersebut, maka dapat dijadikan acuan untuk dilakukan penanganan khusus berupa perbaikan dan perawatan (Dieter, 2000).

RPN digunakan untuk merangking kelemahan proses dalam mempertimbangkan suatu tindakan korektif yang mungkin dapat mengurangi kekeritisan dan membuat sistem dapat lebih baik. Dengan melakukan analisa RPN diharapkan tingkat kegagalan komponen

dapat diturunkan atau dihilangkan, dengan melakukan tindakan pencegahan seperti perawatan berkala.

Dari nilai RPN dapat dibuat grafik diagram pareto sebagai penunjuk prioritas kejadian yang perlu ditangani.

3.4. Penetapan Nilai *Saverety*, *Occurence* dan *Detection* Pada Instrumen Kompresor Udara PT. Pertamina (persero) RU II Dumai.

Untuk mendapat peringkat atau kriteria kajadian dalam metode FMEA, maka perlu dilakukan penetapan nilai *saverity*, *occurrence* dan *detection* sesuai dengan kejadian yang terjadi dilapangan

3.4.1. Penetapan *Saverity*

Kriteria *severity*, *occurence*, dan *detection* ini di diadobsi dari *reference manual potential failure mode and effects analysis* (FMEA) dari *automotive industry action group* (AIAG) yang menggambarkan industri otomotif. Untuk itu diperlukan penyesuaian serta modifikasi yang menggambarkan objek penelitian tentang analisa kompresor udara dan kejadian berdasarkan pengalaman dilapangan.

Berdasar gangguan kompresor udara di PT. Pertamina (Persero) RU II, ditetapkan kriteria dan peringkat seperti pada tabel 3.3. berikut:

Tabel 3.3. Kriteria *Severity* pada kompresor udara di Pertamina (Persero) RU II Dumai.

| Efek | Kriteria <i>Saverity</i> | Peringkat |
|---------------------------|---|-----------|
| Bahaya tanpa tanda-tanda | Kegagalan sangat tinggi, dapat menggagalkan sistem dan membahayakan, tetapi tidak ada tanda-tanda kerusakan sebelumnya. | 10 |
| Bahaya dengan tanda-tanda | Kegagalan sangat tinggi, dapat menggagalkan sistem, dan membahayakan, dengan adanya tanda-tanda kerusakan sebelumnya. | 9 |
| Sangat tinggi | Kompresor tidak dapat beroperasi (<i>trip</i>) karena ada gangguan besar, hilangnya fungsi utama mesin. | 8 |
| Tinggi | Kompresor tidak dapat beroperasi atau mengalami <i>trip</i> . | 7 |
| Sedang | Kompresor dapat dioperasikan, ada alat yang tidak berfungsi/rusak. | 6 |
| Rendah | Kompresor dapat beroperasi, namun ada gangguan alat, terjadi penurunan performansi. | 5 |
| Sangat rendah | Kompresor dapat beroperasi dengan normal, namun setingan mengalami perubahan. | 4 |
| Kecil (minor) | Kompresor dapat beroperasi dengan normal, namun ada gangguan kecil, operator menyadari adanya gangguan. | 3 |

| | | |
|--|--|---|
| Sangat kecil | Kompresor dapat beroperasi dengan normal, efek dari gangguan tidak mengganggu operasi. | 2 |
| None | Tidak ada efek sama sekali. | 1 |
| Catatan: Tingkatan <i>severity</i> diadopsi dari standar <i>reference manual potential failure mode and effects analysis</i> dari AIAG, modifikasi kriteria dilakukan untuk penyesuaian objek dan kejadian berdasarkan pengalaman di lapangan. | | |

3.4.2. Penetapan *Occurence*

Berdasar gangguan Kompresor Udara di PT. Pertamina (Persero) RU II Dumai, ditetapkan peringkat dan kriteria *occurence* seperti pada tabel 3.4. berikut:

Tabel 3.4. Kriteria *occurence* kompresor udara PT. Pertamina (Persero) RU II Dumai.

| Peluang kegagalan | Kejadian Gagal | Frekuensi kejadian (3Tahun) | Peringkat |
|---|--------------------------|-----------------------------|-----------|
| Sangat Tinggi | 1 per 10 hari | >109 | 10 |
| | 1 per 20 hari | 55-108 | 9 |
| Tinggi | 1 per 30 hari | 36-54 | 8 |
| | 1 per 50 hari | 22-35 | 7 |
| Sedang | 1 per 100 hari | 11-21 | 6 |
| | 1 per 6 bulan | 6-10 | 5 |
| Rendah | 1 per 1 tahun | 3-5 | 4 |
| | 1 per 2 tahun | 2 | 3 |
| Terkontrol | 1 per 3 tahun | 1 | 2 |
| | Tidak pernah sama sekali | <1 | 1 |
| Catatan: Tingkatan <i>occurence</i> diadopsi dari standar <i>reference manual potential failure mode and effects analysis</i> dari AIAG, modifikasi kriteria dilakukan untuk penyesuaian objek dan kejadian berdasarkan pengalaman di lapangan. | | | |

3.4.3. Penetapan *Detection*

Berdasarkan gangguan kompresor udara PT. Pertamina (Persero) RU II, ditetapkan dan kriteria *detection* dan peringkat seperti pada tabel 3.5 berikut:

Tabel 3.5. Kriteria *Detection* kompresor udara PT. Pertamina (Persero) RU II Dumai.

| Deteksi | Kriteria <i>Detection</i> | Peringkat |
|------------------|---|-----------|
| Tidak terdeteksi | Tidak bisa terdeteksi dan menimbulkan kerusakan parah. | 10 |
| Sedikit | Deteksi sedikit karena kontrol sulit mendeteksi gangguan. | 9 |
| Sangat kecil | Deteksi sangat kecil kompresor tidak dapat <i>start</i> . | 8 |

| | | |
|---|--|---|
| kecil | Deteksi kecil, kompresor mengalami <i>trip</i> . | 7 |
| Rendah | Deteksi sangat kecil, ada alat tidak yang berfungsi/rusak, dilakukan penggantian alat. | 6 |
| Sedang | Deteksi sedang karena ada alat mengalami gangguan, dilakukan tindakan pengecekan, dan perbaikan. | 5 |
| Cukup tinggi | Deteksi cukup tinggi, komponen mengalami perubahan setingan, dilakukan tindakan pengecekan dan penyetingan komponen. | 4 |
| Tinggi | Deteksi tinggi, karena adanya peringatan <i>alarm</i> pada kompresor. | 3 |
| Sangat tinggi | Deteksi sangat tinggi, terdeteksi alat kontrol dan perawatan rutin. | 2 |
| Pasti | Pasti terdeteksi. | 1 |
| Catatan: Tingkatan <i>Detection</i> diadopsi dari standar <i>reference manual potential failure mode and effects analysis</i> dari AIAG, modifikasi kriteria dilakukan untuk penyesuaian objek dan kejadian berdasarkan pengalaman di lapangan. | | |

3.5. Diagram Pareto

Diagram pareto dikembangkan oleh seorang ahli ekonomi Italia yang bernama Vilfredo Pareto pada abad ke 19 (Gaspresz, 1998). Diagram pareto adalah grafik batang yang menunjukkan masalah berdasarkan urutan banyaknya kegagalan yang terjadi. Masalah yang paling banyak terjadi ditunjukkan oleh grafik batang pertama yang paling tinggi serta ditepatkan pada sisi paling kiri, dan seterusnya sampai masalah yang paling sedikit ditunjukkan oleh grafik batang yang terakhir yang terendah pada sisi paling kanan. Dengan bantuan diagram pareto, kegiatan akan lebih efektif dengan memusatkan perhatian pada sebab-sebab yang mempunyai dampak yang paling besar terhadap kejadian meninjau berbagai gambar.

Ada beberapa manfaat diagram pareto yaitu (Giu, 2008):

1. Untuk menunjukkan prioritas sebab-sebab kejadian atau persoalan yang perlu ditangani.
2. Membantu memusatkan perhatian pada persoalan utama yang harus ditangani dalam upaya perbaikan.
3. Menunjukkan hasil upaya perbaikan. Setelah dilakukan tindakan koreksi berdasar proritas, kita dapat mengadakan pengukuran ulang dan memuat diagram Pareto baru. Apabila terdapat perubahan dalam diagram pareto baru, maka tindakan korektif ada efeknya.

3.6.1. Keandalan (*Reliability*)

Keandalan adalah probabilitas suatu sistem, komponen, atau devais yang akan tampil tanpa kegagalan untuk jangka waktu tertentu dalam kondisi operasi tertentu. Disiplin keandalan pada dasarnya adalah studi tentang penyebab, distribusi, dan prediksi kegagalan (Dieter, 2000).

Secara umum teori keandalan dapat dikelompokkan menjadi 4 kelompok (Dwi Priyanta, 2000), yaitu:

- a. keandalan komponen dan sistem (*komponent and system reliability*).
- b. Keandalan struktur (*structur reliability*).
- c. Keandalan manusia (*human reliability*).
- d. Keandalan perangkat lunak (*software reliability*).

Suatu sistem atau komponen dikatakan rusak apabila berhenti memenuhi fungsi yang diinginkan. Apabila terjadi kemacetan dari suatu sistem seperti mesin berhenti berkerja, peralatan komunikasi dalam sistem mati, sistem dalam keadaan benar-benar rusak. Selain itu sangat penting untuk mendefinisikan bentuk lain bentuk lain dari kerusakan seperti kemunduran kerja atau fungsi yang tidak stabil, pada kondisi pengoperasian tertentu untuk periode waktu yang telah ditentukan (Febriani, 2007).

Fungsi *reliability* adalah fungsi matematik yang menyatakan hubungan *reliability* dengan waktu. Karena nilai fungsi *reliability* merupakan probablitas maka nilai fungsi *reliability* R bernilai $0 \leq R \leq 1$. Fungsi *reliability* dinotasikan sebagai $R(t)$ dari sistem jika dipakai selama t satuan waktu. *Probablitas* sistem dapat berkerja baik selama $[0, t]$. Fungsi *reliability* terhadap waktu dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$R(t)=1-F(t) = \int_0^{\infty} f(t)dt \quad (3.2)$$

Laju kegagalan adalah banyaknya kegagalan. Laju kegagalan dapat dinyatakan sebagai perbandingan antara banyaknya kegagalan yang terjadi selama selang waktu tertentu dengan total waktu operasi komponen.

3.7. Analisa Ketersediaan (*Availability*)

Availability adalah kemampuan suatu sistem dapat beroperasi sebagaimana mestinya pada suatu saat atau waktu yang ditentukan. Analisa rekayasa ketersediaan (*availability*

engineering analysis) merupakan sebuah metodologi yang dapat membantu para peneliti dalam memperbaiki produktivitas dari sebuah *plant* (Dwi Priyanta, 2000).

Availability menyatakan peluang komponen atau sebuah sistem yang memberikan fungsi terbaik ketika dibutuhkan, sehingga bisa diambil kesimpulan untuk menilai *availability* maka dibutuhkan nilai kegagalan atau perbaikan.

Dalam menentukan ketersediaan didapatkan dari dua faktor yaitu, MTTR (*Mean Time to Repair*) atau ukuran perawatan dari sebuah komponen, dan MTTF (*Mean Time to Failure*) atau ukuran dari keandalan komponen. MTTF dan MTTR dapat dirumuskan pada persamaan (Dieter, 2000):

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} \quad (3.3)$$

$$MTTR = \frac{\mu}{\text{waktu operasi}} \quad (3.4)$$

λ = Laju kegagalan.

μ = Waktu perbaikan rata-rata.

maka untuk ketersediaan *Availability* didapatkan persamaan:

$$Availability = \frac{MTTF}{MTTF + MTTR} \quad (3.5)$$

Nilai dari *availability* adalah 0% sampai dengan 99,9%. Semakin tinggi nilai *availability* suatu komponen maka semakin baik kualitas komponen atau sistem tersebut. Sedangkan nilai *availability* standar untuk industri adalah 90% atau lebih (Betrianis, 2005). Ketersediaan suatu sistem dapat dikatakan baik bila masih memenuhi standar yang telah ditetapkan oleh industri.

BAB IV

HASIL DAN ANALISA

4.1 Analisa RPN terhadap Keandalan Instrumentasi Kompresor Udara PT. Pertamina (Persero) Refinery Unit II Dumai

Kompresor udara adalah mesin mekanik yang berfungsi untuk menghasilkan udara bertekanan atau kompresi. Kompresor ini difungsikan sebagai penyuplai udara bertekanan untuk kebutuhan *plant* dan *air instrument* yang membutuhkan tekanan pneumatik. Kompresor udara yang digunakan di PT. Pertamina (Persero) Refinery Unit II Dumai adalah kompresor *sentrifugal*. Ada 4 unit kompresor udara di *Maintenance Area III* dengan kode 910-C- 1A, 910-C-1B, 910-C-1C, dan 910-C-1D.

Berdasarkan data instrumentasi kompresor udara di PT. Pertamina (Persero) Refinery Unit II Dumai yang diambil dari periode Januari tahun 2009 sampai dengan Desember 2011 dapat dilakukan pengukuran keandalan instrumentasi menggunakan metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA). Metode ini merupakan metode kualitatif dengan pentabelan yang fungsi untuk mengidentifikasi potensi mode kegagalan, efek kegagalan dan bentuk pengendalian dari suatu masalah kualitas. Tujuan utama dari FMEA adalah menentukan tingkat kegagalan berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN). RPN merupakan sebagai indikator tingkat keritisan untuk menentukan tindakan koreksi yang sesuai dengan mode kegagalan. Dari RPN ini nanti dapat dijadikan suatu rekomendasi atau acuan untuk dilakukan tindakan perawatan. Semakin tinggi nilai RPN menunjukan semakin bermasalah terjadi pada sistem atau komponen instrumen. Untuk mendapatkan nilai RPN diperlukan peringkat dari ketiga kriteria *severity*, *occurence* dan *detection* yang telah ditentukan sebelumnya.

Ada beberapa langkah penyusunan dalam penelitian menggunakan metode FMEA ini untuk menganalisa terhadap keandalan instrumentasi kompresor udara di PT. Pertamina (Persero) RU II Dumai menggunakan metode FMEA ini yaitu:

Langkah 1. Peninjauan kembali bagian atau komponen yang mengalami gangguan atau kegagalan pada kompresor udara serta fungsi komponen tersebut. Langkah ini ada pada tabel *worksheet* FMEA untuk *komponent instrument* dan *function*.

- Langkah 2. Mengidentifikasi mode atau bentuk kegagalan yang terjadi pada komponen. Langkah ini ada pada tabel *worksheet* FMEA kompresor udara untuk *potential failure mode*.
- Langkah 3. Mengidentifikasi akibat atau efek potensial dari masing masing mode kegagalan yang terjadi, langkah ini ada pada tabel *worksheet* FMEA kompresor udara untuk *potential effect of failure*.
- Langkah 4. Menentukan nilai *saverity* (keparahan) dari masing-masing komponen *insrument*. Kriteria *saferity* dijelaskan pada bab III.
- Langkah 5. Mengidentifikasi terjadinya kegagalan pada kompresor udara langkah ini dijelaskan pada tabel *potential Causes of Failure* (potensi penyebab kegagalan).
- Langkah 6. Menentukan laju kegagalan dan nilai *occurence* (frekuensi kegagalan) pada masing-masing komponen. Kriteria *occurence* dijelaskan pada bab III.
- Langkah 7. Mengidentifikasi *current controls* (bentuk pengendalian) pada masing-masing komponen instrumen. *Current controls* diartikan bagaimana cara penanggulangan dalam menyelesaikan permasalahan yang ada.
- Langkah 8. Menentukan *detection* (deteksi) atau kemampuan dalam mendeteksi kegagalan yang terjadi. Kriteria langkah untuk *detection* dijelaskan pada bab III.
- Langkah 9: Menghitung nilai *Risk Priority Number* (RPN) dengan mengkalikan nilai ketiga variabel dari *severity*, *occurence detection*, dan RPN rata-rata dari masing-masing komponen *instrument*.
- Langkah 10. Penjelasan dan rangkuman dari hasil analisa instrumentasi kompresor udara menggunakan metode FMEA.

Sebagai analisa pendukung dalam metode FMEA, digunakan analisa diagram pareto untuk membuat grafik diagram pareto berdasarkan RPN rata-rata dari tabel *worksheet* FMEA, dan melakukan analisa ketersediaan (*availability*) pada instrumentasi kompresor udara. Analisa keandalan instrumentasi dari masing-masing kompresor udara dengan menggunakan metode FMEA di PT. Pertamina (Persero) *Refinery Unit II Dumai* dapat dilihat pada tabel 4.1, 4.5, 4.9, dan 4.13.

Berdasarkan tabel kriteria *severity*, *occurence* dan *detection* pada BAB III sebelumnya, dapat dijelaskan kriteria dari masing-masing peringkat.

Peringkat *severity* dalam metode FMEA untuk kompresor udara PT. Pertamina (Persero) RU II Dumai:

- Peringkat 1. Tidak ada efek sama sekali, yaitu tidak ada gangguan pada komponen atau sistem pada mesin kompresor udara.
- Peringkat 2. Kompresor dapat beroperasi dengan normal, efek dari gangguan tidak mengganggu operasi, yaitu kompresor udara beroperasi dengan baik gangguan tidak menimbulkan efek atau pengaruh operasi bagi kompresor udara seperti karat atau korosi.
- Peringkat 3. Kompresor dapat beroperasi dengan normal namun ada gangguan kecil, operator menyadari adanya gangguan, yaitu kompresor udara dapat beroperasi dengan baik, ada gangguan kecil seperti gangguan pada lampu indikator, ada alat goyang.
- Peringkat 4. Kompresor dapat beroperasi dengan normal, namun setingan mengalami perubahan, yaitu kompresor udara masih dapat beroperasi dengan baik tetapi ada komponen mengalami perubahan setingan pengukuran, untuk itu diperlukan kalibrasi komponen.
- Peringkat 5. Kompresor udara dapat beroperasi, namun ada gangguan alat, terjadi penurunan performansi, yaitu kompresor udara masih dapat beroperasi namun ada gangguan dan penurunan performansi seperti alat tidak berkerja, kotor, *overload*, muncul *surge*, *lube oil* berkurang, tidak stabil, hilang sinyal, hubungan singkat, vibrasi tinggi, tidak stabil, temperatur tinggi, UCV/ICV tidak berkerja maksimal, dan bising.
- Peringkat 6. Kompresor dapat dioperasikan, ada alat yang tidak berfungsi/rusak, yaitu kompresor udara masih dapat beroperasi tetapi ada komponen mengalami kerusakan dan perlu dilakukan penggantian komponen baru seperti *gear* aus, atau alat rusak.
- Peringkat 7. Kompresor tidak dapat beroperasi atau mengalami *trip*, yaitu kompresor udara mengalami *shutdown* tidak normal karena ada gangguan komponen seperti ICV dan UCV rusak.
- Peringkat 8. Kompresor tidak dapat beroperasi (*trip*) karena ada gangguan besar, hilangnya fungsi utama mesin, yaitu kompresor udara tidak dapat beroperasi

mengalami karena ada gangguan pada sistem seperti hubungan singkat, *sistem pelumasan*, sistem pendingin, atau AOP tidak berkerja.

Peringkat 9. Kegagalan sangat tinggi, dapat menggagalkan sistem, dan membahayakan dengan adanya tanda-tanda kerusakan sebelumnya, yaitu kompresor udara dapat beroperasi dengan penurunan performa yang berakibat menggagalkan sistem, muncul tanda-tanda kerusakan sebelumnya, kerusakan fatal bagi komponen lain dan membahayakan operator seperti timbul seperti vibrasi dan temperatur yang sangat tinggi, terbakar, atau meledak.

Peringkat 10. Kegagalan sangat tinggi, dapat menggagalkan sistem dan membahayakan, tetapi tidak ada tanda-tanda kerusakan sebelumnya, yaitu kompresor udara dapat beroperasi dengan penurunan performa yang berakibat menggagalkan sistem, kerusakan fatal bagi komponen lain dan membahayakan operator, tidak ada tanda-tanda kerusakan sebelumnya seperti terbakar atau meledak.

Peringkat *occurence* dalam metode FMEA untuk kompresor udara PT. Pertamina (Persero) RU II Dumai:

Peringkat 1. Kejadian kegagalan tidak pernah sama sekali dengan frekuensi kejadian kegagalan masih <1 .

Peringkat 2. Kejadian kegagalan terjadi 1 per 3 tahun dengan frekuensi kejadian kegagalan 1.

Peringkat 3. Kejadian kegagalan terjadi 1 per 2 tahun dengan frekuensi kejadian kegagalan 2.

Peringkat 4. Kejadian kegagalan terjadi 1 per 1 tahun dengan frekuensi kejadian kegagalan 3-5.

Peringkat 5. Kejadian kegagalan terjadi 1 per 6 bulan dengan frekuensi kejadian kegagalan 6-10.

Peringkat 6. Kejadian kegagalan terjadi 1 per 100 hari dengan frekuensi kejadian kegagalan 11-21.

Peringkat 7. Kejadian kegagalan terjadi 1 per 50 hari dengan frekuensi kejadian kegagalan 22-35.

Peringkat 8. Kejadian kegagalan terjadi 1 per 30 hari dengan frekuensi kejadian kegagalan 36-54.

Peringkat 9. Kejadian kegagalan terjadi 1 per 20 hari dengan frekuensi kejadian kegagalan 55-108.

Peringkat 10. Kejadian kegagalan terjadi 1 per 10 hari dengan frekuensi kejadian kegagalan >109.

Peringkat *Detection* dalam metode FMEA untuk kompresor udara PT. Pertamina (Persero) RU II Dumai:

Peringkat 1. Pasti terdeteksi, yaitu gangguan yang terjadi pasti terdeteksi.

Peringkat 2. Deteksi sangat tinggi, terdeteksi alat kontrol dan perawatan rutin, yaitu gangguan dapat terdeteksi oleh alat kontrol atau indikator dan adanya perawatan rutin dari operator.

Peringkat 3. Deteksi tinggi, karena adanya peringatan *alarm* pada panel kompresor, yaitu gangguan mulai terdeteksi dini dengan muncul tanda *alarm* pada kompresor udara.

Peringkat 4. Deteksi cukup tinggi, komponen mengalami perubahan setingan, dilakukan tindakan pengecekan dan penyetingan komponen, yaitu gangguan terdeteksi karena ada komponen yang mengalami perubahan setingan sehingga perlu dilakukan kalibrasi.

Peringkat 5. Deteksi sedang karena ada alat mengalami gangguan, dilakukan tindakan pengecekan, dan perbaikan, yaitu gangguan alat terdeteksi karena ada komponen mengalami penurunan performa dan perlu dilakukan perbaikan.

Peringkat 6. Deteksi sangat kecil, ada alat tidak yang berfungsi/rusak. Dilakukan penggantian alat, yaitu gangguan terdeteksi karena ada komponen mengalami kerusakan dengan penggantian alat baru.

Peringkat 8. Deteksi kecil, kompresor mengalami *trip*, yaitu kegagalan terdeteksi karena ada kerusakan atau gangguan alat sehingga kompresor udara mengalami *shutdown* tidak normal.

Peringkat 7. Deteksi sangat kecil kompresor tidak bisa *start*, yaitu kegagalan terdeteksi karena ada gangguan alat atau sistem yang berakibat kompresor tidak bisa *start* (menyala).

Peringkat 9. Deteksi sedikit karena kontrol sulit mendeteksi gangguan, yaitu kegagalan yang terjadi sangat sulit terdeteksi oleh alat kontrol dan operator lapangan.

Peringkat 10. Tidak bisa terdeteksi dan menimbulkan kerusakan parah, yaitu kegagalan tidak bisa terdeteksi dan menimbulkan kerusakan fatal bagi komponen atau sistem lain.

Tabel 4.1. Worksheet FMEA pada instrumentasi kompresor udara 910-C-1A di PT. Pertamina (Persero) Refinery Unit II Dumai selama periode Januari 2009 sampai Desember 2010.

| No. | Component Instrument | Function | Potential Failure mode | Potential Effects of Failure | S E V | Potential Causes of Failure | | O C C | Current Controls | D E T | R P N | RPN Rata-Rata |
|-----|---|--|--|---|-------------|--|---|-------------|--|-------------|-------------|---------------|
| 1 | Auxiliary Oil Pump Switch (910-C-1A) | Bekerja bilamana tekanan yang dihasilkan MOP kompresor udara berkurang. | 1. Indikasi tekanan lube oil berkurang. 2. AOPS kotor. | 1. <i>Performance</i> atau kerja kompresor menurun. 2. Dapat berakibat <i>bearing</i> /bagian rotor rusak. | 5 | 1. Sensor tekanan lube oil tidak benar atau rusak. 2. Kondisi area yang bervibrasi dan panas. | 1 | 2 | 1. Melakukan pengecek atau perbaikan alat terkait. | 5 | 50 | 50 |
| | | | 1. AOPS ada gangguan/rusak. | 1. AOP gagal start. 2. AOP tidak mau shutdown ketika main oil pump telah bekerja. | - | - | - | - | - | - | - | |
| 2 | Discharge Pressure Indicator (910-C-1A) | Mendeteksi tekanan discharge udara kompresor. | 1. Jarum penunjukan PI bergeser/berubah. | 1. Penunjukkan tekanan (<i>indicator</i>) tidak benar. | 4 | 1. Kondisi area yang bervibrasi dan panas | 1 | 2 | 1. Seting atau kalibrasi alat. | 4 | 32 | 32 |
| | | | 1. Gerigi PI sudah aus. 2. <i>Discharge pressure gauge indicator</i> ada gangguan | 1. Penunjukkan tekanan (<i>indicator</i>) tidak benar. | - | - | - | - | - | - | - | |
| 3 | Flow Indicator (910-C-1A) | Mendeteksi atau penunjuk aliran udara sebelum masuk kedalam inlet kontrol valve. | 1. Setingan <i>flow indicator</i> berubah. | 1. <i>Flow alarm</i> menyala terus. | 4 | 1. Kondisi area yang bervibrasi dan panas | 1 | 2 | 1. Seting atau kalibrasi alat. | 4 | 32 | 32 |
| 4 | High Oil Temperature Switch (910-C-1A) | Mengontrol temperatur oli pada kompresor | 1. HOTS ada gangguan/rusak. 2. HOTS kotor. | 1. <i>Performance</i> kompresor menurun. 2. Dapat berakibat <i>bearing</i> /bagian rotor rusak. | - | - | - | - | - | - | - | 32 |
| | | | 1. <i>Setting alarm/trip</i> temperatur berubah. | 1. Penunjukkan temperatur tidak bekerja atau penunjukan terjadinya <i>alarm/ trip</i> berubah. | 4 | 1. Kondisi area yang bervibrasi dan panas. 2. Temperatur oli tinggi. 3. <i>Oil cooler</i> kotor. | 1 | 2 | 1. Seting atau kalibrasi alat. | 4 | 32 | |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---------------------------------|--|--|---|---|---|---|---|--|---|-----|----|
| 5 | Pressure Gauge (910 C 1A) | Mendeteksi tekanan udara <i>suction</i> kompresor. | 1. Jarum penunjukan PI bergeser / berubah. | 1. Penunjukan tekanan (<i>indicator</i>) tidak benar. | 4 | 1. Kondisi area yang bervibrasi dan panas. | 1 | 2 | 1. Seting atau kalibrasi alat. | 4 | 32 | 70 |
| | | | 1. <i>Pressure gauge</i> rusak 2. Gerigi PI sudah aus. | 1. Penunjukan tekanan (<i>indicator</i>) tidak benar. | 6 | 1. Kondisi area yang bervibrasi dan panas. | 2 | 3 | 1. Melakukan penggantian alat. | 6 | 108 | |
| 6 | Trisen Load (910-C-1A) | Mengontrol <i>load</i> kompresor secara individu atau paralel. | 1. Gangguan pada komunikasi sistem <i>controller trisen load</i> . 2. <i>Load</i> antar kompresor yang tidakimbang. 3. <i>Linierity load</i> , bukaan UCV berubah. | 1. <i>Performance</i> kompresor menurun. 2. UCV tidak membuka menyebabkan terjadinya <i>surging</i> dan bila UCV terbuka terus, udara kompresor yang dihasilkan akan terbuang ke atmosfer. | 5 | 1. Alat pendukung ada gangguan seperti: <i>CV, Solenoid, Positioner, Sensor tekanan discharge</i> kompresor yang terkait. | 1 | 2 | 1. Melakukan pengecekan atau perbaikan dan kalibrasi alat terkait. | 5 | 50 | 50 |
| 7 | Vibration Monitor (910-C-1A) | Mendeteksi getaran/ vibrasi kompresor udara. | 1. Sensor vibrasi rusak. 2. <i>vibration monitor</i> rusak. | 1. Penunjukan vibrasi tidak bekerja. 2. Indikasi tidak ada atau berubah menyebabkan kerusakan kompresor udara. | 6 | 1. Kondisi area yang bervibrasi dan panas. | 1 | 2 | 1. Mengganti alat/sensor dan Melakukan kalibrasi | 6 | 72 | 60 |
| | | | 1. <i>Seting time delay alarm/trip</i> berubah. 2. Gangguan pada <i>diplay</i> vibrasi | 1. Penunjukan terjadinya vibrasi <i>alarm/trip</i> berubah. | 4 | 1. Kondisi area yang bervibrasi dan panas | 2 | 3 | 1. Seting atau kalibrasi alat. | 4 | 48 | |

4.1.1. Analisa Instrumentasi Kompresor Udara 910-C-1A

Dari analisa instrumentasi kompresor udara 910-C-1A dengan menggunakan metode *Failure Mode And Effect Anlysis* (FMEA) pada tabel 4.1 Maka dapat diketahui nilai RPN tertinggi dari masing-masing komponen. Semakin tinggi nilai dari RPN yang terjadi maka akan semakin rendah tingkat keandalan suatu komponen. Untuk nilai RPN rata-rata dapat dilihat pada tabel 4.2 Dibawah ini.

Tabel 4.2 RPN rata-rata instrumen pada kompresor udara 910-C-1A.

| No. | Komponen | RPN Rata-Rata |
|-------|-------------------------------------|------------------|
| 1 | <i>Pressure Gauge</i> | 70 |
| 2 | <i>Vibration Monitor</i> | 60 |
| 3 | <i>Auxiliary Oil Pump Switch</i> | 50 |
| 4 | <i>Trisen Load</i> | 50 |
| 5 | <i>Discharge Pressure Indicator</i> | 32 |
| 6 | <i>Flow Indicator</i> | 32 |
| 7 | <i>High Oil Temperature Switch</i> | 32 |
| Total | | 326 |

Berdasarkan analisa instrumentasi kompresor udara 910-C-1A menggunakan metode FMEA terdapat 7 gangguan dengan RPN total dari instrumentasi kompresor udara 910-C-1A sebesar 326. RPN rata-rata instrumen yaitu: *pressure gauge* sebesar 70, *viration monitor* sebesar 60, *auxiliary oil pump switch* dan *trisen load* sebesar 50, *discharge pressure indicator*, *flow indicator* dan *high oil temperature switch* sebesar 32.

RPN rata-rata tertinggi terdapat pada *pressure gauge* sebesar 70 sedangkan yang terendah terdapat pada *discharge pressure indicator*, *flow indicator*, dan *high oil temperature switch* sebesar 32.

Dari hasil analisa RPN menggunakan metode FMEA ini dapat dikatakan instrumentasi kompresor udara 910-C-1A bagian *Maintenance Area* III di PT. Pertamina (Persero) RU II Dumai masih dalam performansi tinggi dengan alasan RPN dari masing-masing komponen instrumen masih dibawah standar nilai RPN yaitu sebesar 200.

Diagram pareto digunakan untuk menyatakan masing-masing komponen yang menjadi prioritas utama dalam memberikan kontribusi kegagalan dan juga sebagai pembandingan antara masing-masing komponen instrumen. Untuk analisa pada diagram pareto dapat dilihat pada tabel 4.3. Untuk mendapatkan nilai persentase total keseluruhan dilakukan perhitungan, misal:

$$\text{RPN rata-rata } pressure \text{ gauge} = 70$$

$$\text{RPN total} = 326$$

Maka:

$$\begin{aligned} \text{persentase total keseluruhan} &= \frac{\text{RPN rata-rata}}{\text{RPN total}} \times 100\% \\ &= \frac{70}{326} \times 100\% = 0,214723926 \times 100\% \\ &= 21,4723926 \text{ atau } 21,47\% \end{aligned}$$

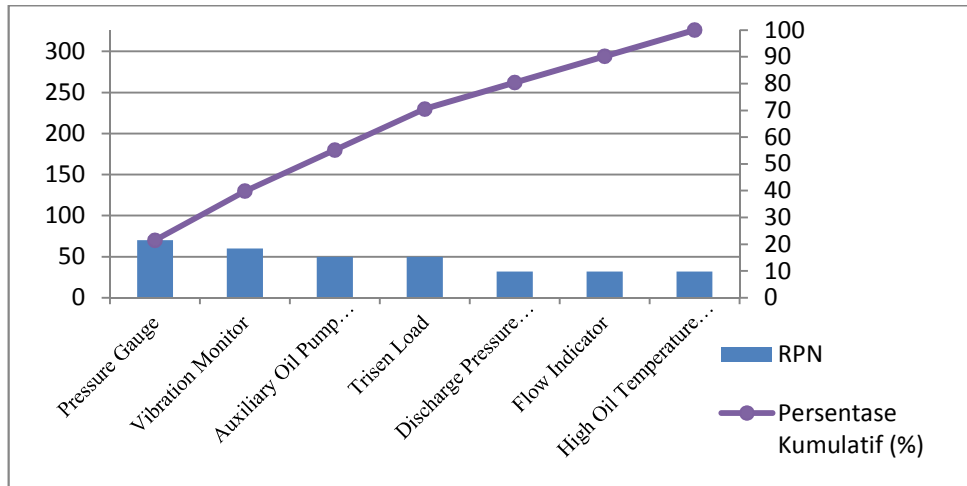
Tabel 4.3. Persentase kumulatif instrumen kompresor udara 910-C-1A.

| No | Komponen | RPN Rata-rata | Total Kumulatif | Persentase Total Keseluruhan (%) | Persentase Kumulatif (%) |
|-------|-------------------------------------|---------------|-----------------|----------------------------------|--------------------------|
| 1 | <i>Pressure Gauge</i> | 70 | 70 | 21,47 | 21,47 |
| 2 | <i>Vibration Monitor</i> | 60 | 130 | 18,40 | 39,87 |
| 3 | <i>Auxiliary Oil Pump Switch</i> | 50 | 180 | 15,34 | 55,21 |
| 4 | <i>Trisen Load</i> | 50 | 230 | 15,34 | 70,55 |
| 5 | <i>Discharge Pressure Indicator</i> | 32 | 262 | 9,82 | 80,37 |
| 6 | <i>Flow Indicator</i> | 32 | 294 | 9,82 | 90,18 |
| 7 | <i>High Oil Temperature Switch</i> | 32 | 326 | 9,82 | 100 |
| Total | | 326 | | 100 | |

Tabel 4.4. Total kumulatif RPN instrumentasi kompresor udara 910-1-1A untuk diagram pareto.

| No. | Komponen | Total Kumulatif | Persentase Kumulatif (%) |
|-----|-------------------------------------|-----------------|--------------------------|
| 1 | <i>Pressure Gauge</i> | 70 | 21,47 |
| 2 | <i>Vibration Monitor</i> | 130 | 39,87 |
| 3 | <i>Auxiliary Oil Pump Switch</i> | 180 | 55,21 |
| 4 | <i>Trisen Load</i> | 230 | 70,55 |
| 5 | <i>Discharge Pressure Indicator</i> | 262 | 80,37 |
| 6 | <i>Flow Indicator</i> | 294 | 90,18 |
| 7 | <i>High Oil Temperature Switch</i> | 326 | 100 |

Analisa grafik diagram pareto kompresor udara 910-C-1A dapat dilihat pada gambar 4.1 berikut ini:



Gambar 4.1. Grafik diagram pareto kompresor udara 910-C-1A.

Dari gambar grafik diagram pareto pada kompresor udara 910-C-1A diatas didapat *pressure gauge* memberikan kontribusi RPN tertinggi gangguan sebesar 70.

Tabel 4.5 Tabel *worksheet* FMEA pada instrumentasi kompresor udara 910-C-1B di PT. Pertamina (Persero) Refinery Unit II Dumai selama periode Januari 2009 sampai Desember 2010.

| No. | Component Instrument | Function | Potential Failure mode | Potential Effects of Failure | S E V | Potential Causes of Failure | | O C C | Current Controls | D E T | R P N | RPN Rata-Rata |
|-----|---|---|---|---|-------------|--|---|-------------|--|-------------|-------------|---------------|
| 1 | Discharge Pressure Indicator (910-C-1B) | Mendeteksi tekanan <i>discharge</i> udara kompresor | 1. Penunjukan PI bergeser/ berubah. | 1. Penunjukan tekanan (<i>indicator</i>) tidak benar. | 4 | 1. Kondisi area yang bervibrasi dan panas. | 1 | 2 | 1. Seting atau kalibrasi alat. | 4 | 32 | 32 |
| | | | 1. Gerigi PI sudah aus. 2. <i>Discharge pressure gauge indicator</i> ada gangguan/rusak. | 1. Penunjukan tekanan (<i>indicator</i>) tidak benar. | - | - | | - | - | - | - | |
| 2 | High Air Temperature Switch (910-C-1B) | Mendeteksi temperatur udara <i>discharge</i> kompresor. | 1. HATS tidak bekerja. 2. HATS kotor. 3. <i>Alarm</i> HOTS ada gangguan. | 1. <i>Performance</i> kompresor udara menurun. 2. Penunjukan terjadinya <i>temperature alarm/trip</i> berubah. 3. <i>Alarm</i> HOTS muncul terus. | 5 | 1. Kondisi area yang bervibrasi dan panas. | 4 | 4 | 1. Melakukan pengecek atau perbaikan alat terkait. | 5 | 100 | 66 |
| | | | 1. <i>Setting alarm/trip</i> temperatur berubah. | 1. Penunjukan temperatur tidak bekerja atau nilai penunjukan terjadinya <i>temperature alarm/trip</i> berubah. | 4 | 1. Kondisi area yang bervibrasi dan panas | 1 | 2 | 1. Seting atau kalibrasi alat. | 4 | 32 | |
| 3 | High Oil Temperature Switch (910-C-1B) | Mengontrol temperatur oli pada kompresor. | 1. HOTS tidak bekerja. 2. HOTS kotor. | 1. <i>Performance</i> kompresor udara menurun. 2. Penunjukan temperatur tidak bekerja. 3. Dapat merusak <i>bearing</i> atau rotor. | 5 | 1. Kondisi area yang bervibrasi dan panas. | 3 | 4 | 1. Melakukan pengecek atau perbaikan alat terkait. | 5 | 100 | 100 |
| | | | 1. <i>Setting alarm/trip</i> temperatur berubah. | 1. Penunjukan temperatur tidak bekerja dan penunjukan terjadinya <i>temperature alarm/trip</i> berubah. | - | - | | | - | - | - | |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|--|--|--|---|---|--|---|---|--|---|----|----|
| 4 | <i>Horn</i> (910-C-1B) | Peringatan pada saat kondisi <i>alarm</i> dan <i>trip</i> . | 1. <i>Horn alarm</i> ada gangguan. | 1. Peringatan <i>horn alarm</i> tidak bekerja. | 5 | 1. Kondisi area yang bervibrasi dan panas. | 1 | 2 | 1. Melakukan pengecek, perbaikan alat terkait. | 5 | 50 | 50 |
| 5 | <i>Manually Operated Reducating Valve</i> /MO1 (910-C-1B) | kontrol manual untuk sinyal udara pada <i>inlet valve actuator</i> ketika <i>control selector</i> CS1 posisi manual. | 1. Sinyal udara hilang. 2. MO1 kotor. | 1. <i>Performance</i> atau kerja kompresor menurun. 2. Buka ICV akan terganggu. | 5 | 1. Kondisi area yang bervibrasi dan panas. | 1 | 2 | 1. Melakukan pengecek, perbaikan alat terkait. | 5 | 50 | 41 |
| | | | 1. <i>Setting</i> MO1 berubah | 1. Buka ICV akan terganggu. | 4 | 1. Kondisi area yang bervibrasi dan panas. | 1 | 2 | 1. Seting atau kalibrasi alat. | 4 | 32 | |
| 6 | <i>Manually Operated Reducating Valve</i> /MO2 (910-C-1B) | kontrol manual untuk sinyal udara pada <i>unloading valve actuator</i> ketika ketika <i>control selector</i> CS2 pada posisi manual. | 1. Sinyal udara hilang. 2. MO2 kotor. | 1. <i>Performance</i> atau kerja kompresor menurun. 2. Buka UCV akan terganggu. | 5 | 1. Kondisi area yang bervibrasi dan panas. | 2 | 3 | 1. Melakukan pengecek, perbaikan alat terkait. | 5 | 75 | 75 |
| | | | 1. <i>Setting</i> MO2 berubah. | 1. Buka UCV akan terganggu. | - | - | - | - | - | - | - | |
| 7 | <i>Pressure Gauge</i> (910-C-1B) | Mendeteksi tekanan udara <i>suction</i> kompresor. | 1. Jarum penunjukan PI bergeser/berubah. | 1. Penunjukan tekanan (<i>indicator</i>) tidak benar. | 4 | 1. Kondisi area yang bervibrasi dan panas. | 1 | 2 | 1. Seting atau kalibrasi alat. | 4 | 32 | 32 |
| | | | 1. <i>Pressure gauge</i> ada gangguan/rusak 2. Gerigi PI sudah aus. | 1. Penunjukan tekanan (<i>indicator</i>) tidak benar. | - | - | - | - | - | - | - | |
| 8 | <i>Pressure Gauge Inlet Steam</i> . (910-C-1B) | Mendeteksi tekanan pada <i>inlet steam</i> . | 1. Jarum penunjukan PI bergeser/berubah. | 1. Penunjukan tekanan (<i>indicator</i>) tidak benar. | - | - | - | - | - | - | - | 75 |
| | | | 1. <i>Pressure gauge</i> ada gangguan. 2. <i>Pressure gauge</i> kotor. | 1. Penunjukan tekanan (<i>indicator</i>) tidak benar atau tidak berkerja. | 5 | 1. Kondisi area yang bervibrasi dan panas. | 2 | 3 | 1. Melakukan pengecek, perbaikan alat terkait. | 5 | 75 | |
| 9 | <i>Pressure Gauge discharge</i> (910-C-1B) | Mendeteksi tekanan <i>discharge</i> udara kompresor. | 1. <i>Pressure gauge</i> ada gangguan. 2. <i>Pressure gauge</i> kotor. | 1. Penunjukan tekanan (<i>indicator</i>) tidak benar. | 5 | 1. Kondisi area yang bervibrasi dan panas. | 1 | 2 | 1. Melakukan pengecek, perbaikan alat terkait. | 5 | 50 | 50 |
| 10 | <i>Solenoid Valve</i> (910-C-1B) | Mendeteksi tekanan udara yang akan di buang ke atmosfer. | 1. <i>Solenoid valve</i> ada gangguan. 2. Tegangan <i>solenoid</i> tidak ada. | 1. <i>Solenoid valve</i> tidak memberikan sinyal ke UCV. 2. UCV tidak berkerja maksial dan <i>performance</i> kompresor menurun. | 5 | 1. Kondisi area yang bervibrasi dan panas. | 1 | 2 | 1. Melakukan pengecek, perbaikan alat terkait. | 5 | 50 | 50 |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|--|--|--|---|---|---|---|---|--|---|----|----|
| 11 | <i>High Pressure Steam Valve</i> (910-C-1B) | Membuka dan menutup <i>on-off Valve</i> HP <i>Steam</i> ke Turbin penggerak kompresor. | 1. <i>HPS valve</i> ada gangguan. 2. <i>HPS valve</i> kotor. | 1. <i>high pressure steam Valve</i> tidak bekerja/rusak. | 5 | 1. Umur pemakaian alat yang sudah lama. 2. Sumber atau perintah tegangan tidak ada. | 1 | 2 | 1. Melakukan pengecekan atau perbaikan alat terkait. | 5 | 50 | 50 |
| 12 | <i>Trisen Load</i> (910-C-1B) | Mengontrol <i>load</i> kompresor secara individu atau paralel. | 1. <i>Load</i> antar kompresor yang tidakimbang. 2. <i>Linierity load</i> , bukaan UCV berubah. 3. Gangguan pada komunikasi sistem <i>controller trisen load</i> . | 1. <i>Performance</i> kompresor menurun. 2. Bila UCV tidak membuka menyebabkan terjadinya <i>surgin</i> g dan bila UCV terbuka terus, udara kompresor yang dihasilkan akan terbuang ke atmosfer. | 5 | 1. <i>Thrisen</i> atau Alat pendukung ada gangguan seperti: <i>CV, Solenoid, Positioner, Sensor tekanan discharge</i> kompresor yang terkait. | 1 | 2 | 2. Melakukan pengecekan atau perbaikan dan kalibrasi alat terkait. | 5 | 50 | 50 |

4.1.2. Analisa Instrumentasi Kompresor Udara 910-C-1B

Dari analisa *worksheed* instrumentasi kompresor udara 910-C-1B dengan menggunakan metode FMEA pada tabel 4.5 didapat nilai RPN rata-rata dari masing komponen dengan mengurutkan RPN tertinggi sampai yang terendah.

Tabel 4.6. RPN rata-rata instrumen kompresor udara 910-C-1B.

| No. | Komponen | RPN Rata-Rata |
|-------|--|---------------|
| 1 | <i>High Oil Temperature Switch</i> | 100 |
| 2 | <i>Pressure Gauge Inlet Steam</i> | 75 |
| 3 | <i>Manually Operated Reducating Valve /MO2</i> | 75 |
| 4 | <i>High Air Temperature Switch</i> | 66 |
| 5 | <i>High Pressure Steam Valve</i> | 60 |
| 6 | <i>Horn</i> | 50 |
| 7 | <i>Pressure Gauge discharge</i> | 50 |
| 8 | <i>Solenoid Valve</i> | 50 |
| 9 | <i>Trisen Load</i> | 50 |
| 10 | <i>Manually Operated Reducating Valve /MO1</i> | 41 |
| 11 | <i>Discharge Pressure Indicator</i> | 32 |
| 12 | <i>Pressure Gauge</i> | 32 |
| Total | | 681 |

Dari analisa instrumentasi kompresor udara 910-C-1B menggunakan metode FMEA maka didapat RPN total sebesar 681 dengan 12 komponen instrumen yang mengalami gangguan. RPN rata-rata dari komponen instrumen yaitu: *high oil temperature switch* sebesar 100, *pressure gauge inlet steam* dan *Manually Operated Reducating Valve /MO2* sebesar 75, *high air temperature switch* sebesar 66, *high pressure steam valve* sebesar 60, *horn*, *pressure gauge*, *pressure gauge discharge*, *solenoid valve*, dan *trisen load* sebesar 50, *manually operated reducing valve /MO1* sebesar 41, *discharge pressure indicator* dan *pressure gauge* sebesar 32.

Berdasarkan urutan dari analisa instrumen kompresor udara 910-C-1B nilai RPN rata-rata tertinggi terdapat pada *high oil temperature switch* sebesar 100 sedangkan terendah terdapat pada *discharge pressure indicator* sebesar, dan *pressure gauge* sebesar 32. Masing-masing komponen instrumen pada kompresor udara 910-C-1B ini memenuhi kemampuan operasi karena masih dibawah standar risiko RPN.

Untuk membuat grafik diagram pareto pada kompresor udara 910-C-1B dilakukan perhitungan kumulatif, perhitungan ini berfungsi untuk mendapatkan persentase dari nilai RPN. Persentase total keseluruhan dapat dilakukan perhitungan, misal:

$$\text{RPN rata-rata } \textit{high oil temperature switch} = 100$$

$$\text{RPN total} = 681$$

Maka:

$$\begin{aligned} \text{persentase total keseluruhan} &= \frac{\text{RPN rata-rata}}{\text{RPN total}} \times 100\% \\ &= \frac{100}{681} \times 100\% = 0,146842878 \times 100\% \\ &= 14,6842878 \text{ atau } 14,68\% \end{aligned}$$

Tabel 4.7. Persentase kumulatif instrumen kompresor udara 910-C-1B.

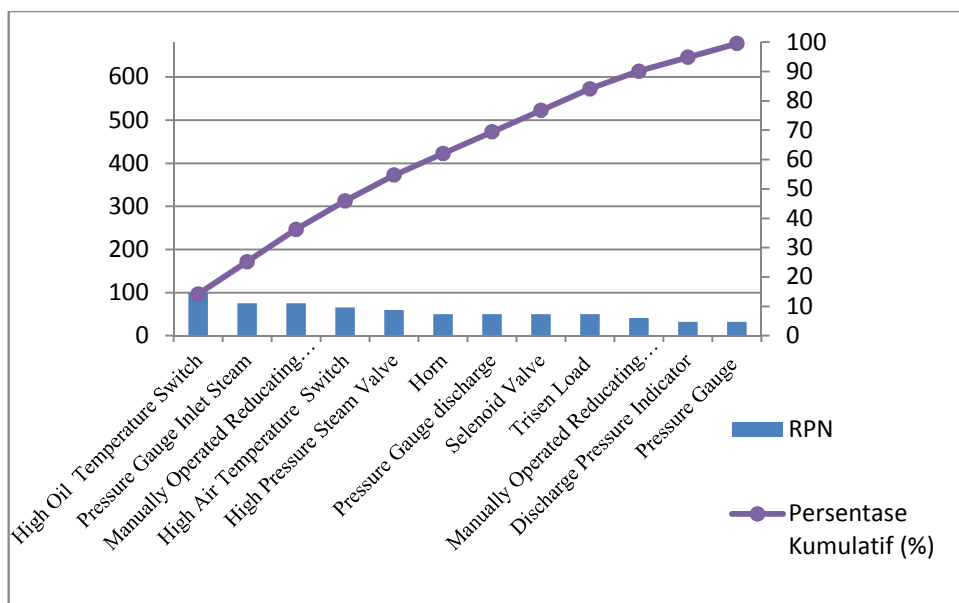
| No. | Komponen | RPN Rata-Rata | Total Kumulatif | Persentase Total Keseluruhan (%) | Persentase Kumulatif (%) |
|-------|--|---------------|-----------------|----------------------------------|--------------------------|
| 1 | <i>High Oil Temperature Switch</i> | 100 | 100 | 14,68 | 14,19 |
| 2 | <i>Pressure Gauge Inlet Steam</i> | 75 | 175 | 11,01 | 25,20 |
| 3 | <i>Manually Operated Reducating Valve /MO2</i> | 75 | 250 | 11,01 | 36,22 |
| 4 | <i>High Air Temperature Switch</i> | 66 | 316 | 9,69 | 45,91 |
| 5 | <i>High Pressure Steam Valve</i> | 60 | 376 | 8,81 | 54,72 |
| 6 | <i>Horn</i> | 50 | 426 | 7,34 | 62,06 |
| 7 | <i>Pressure Gauge discharge</i> | 50 | 476 | 7,34 | 69,40 |
| 8 | <i>Solenoid Valve</i> | 50 | 526 | 7,34 | 76,75 |
| 9 | <i>Trisen Load</i> | 50 | 576 | 7,34 | 84,09 |
| 10 | <i>Manually Operated Reducating Valve /MO1</i> | 41 | 617 | 6,02 | 90,11 |
| 11 | <i>Discharge Pressure Indicator</i> | 32 | 649 | 4,70 | 94,81 |
| 12 | <i>Pressure Gauge</i> | 32 | 681 | 4,70 | 100 |
| Total | | 681 | | 100 | |

Tabel 4.8. Total kumulatif RPN instrumentasi kompresor udara 910-C-1B untuk diagram pareto.

| No. | Komponen | Total Kumulatif | Persentase Kumulatif (%) |
|-----|------------------------------------|-----------------|--------------------------|
| 1 | <i>High Oil Temperature Switch</i> | 100 | 14,19 |
| 2 | <i>Pressure Gauge Inlet Steam</i> | 175 | 25,20 |
| 3 | <i>High Air Temperature Switch</i> | 250 | 36,22 |
| 4 | <i>High Pressure Steam Valve</i> | 316 | 45,91 |
| 5 | <i>Horn</i> | 376 | 54,72 |

| | | | |
|----|--|-----|-------|
| 6 | <i>Pressure Gauge Discharge</i> | 426 | 62,06 |
| 7 | <i>Solenoid Valve</i> | 476 | 69,40 |
| 8 | <i>Manually Operated Reducating Valve /MO2</i> | 526 | 76,75 |
| 9 | <i>Trisen Load</i> | 576 | 84,09 |
| 10 | <i>Manually Operated Reducating Valve /MO1</i> | 617 | 90,11 |
| 11 | <i>Discharge Pressure Indicator</i> | 649 | 94,81 |
| 12 | <i>Pressure Gauge</i> | 681 | 100 |

Analisa grafik diagram pareto kompresor udara 910-C-1B dapat dilihat pada gambar 4.2 berikut ini:



Gambar 4.2. Grafik diagram pareto kompresor udara 910-C-1B.

Dari gambar grafik diagram pareto diketahui *high oil temperature switch* sebesar 100 pada kompresor udara 910-C-1B berada pada tingkat tertinggi dari RPN.

Tabel 4.9. Worksheet FMEA pada instrumentasi kompresor udara 910-C-1C di PT. Pertamina (Persero) Refinery Unit II Dumai selama periode Januari 2009 sampai Desember 2010.

| No . | Component Instrument | Function | Potential Failure mode | Potential Effects of Failure | S E V | Potential Causes of Failure | | O C C | Current Controls | D E T | R P N | RPN Rata-Rata |
|------|---|---|---|--|-------|--|---|-------|--|-------|-------|---------------|
| 1 | Auxiliary Oil Pump Switch (910-C-1C) | Bekerja bilamana tekanan yang dihasilkan MOP kompresor udara berkurang. | 1. Indikasi tekanan lube oil berkurang. 2. AOPS kotor. | 1. <i>Performance</i> atau kerja kompresor menurun. 2. Dapat berakibat <i>bearing</i> /bagian rotor rusak. | 5 | 1. Sensor tekanan lube oil tidak benar atau rusak. | 1 | 2 | 1. Melakukan pengecek atau perbaikan alat terkait. | 5 | 50 | 50 |
| | | | 1. AOPS ada gangguan/rusak. | 1. AOP gagal <i>start</i> . 2. AOP tidak mau <i>shutdown</i> ketika <i>main oil</i> telah bekerja. | - | - | - | - | - | - | - | |
| 2 | Discharge Pressure Indicator (910-C-1C) | Mendeteksi tekanan <i>discharge</i> udara kompresor udara. | 1. Jarum penunjukan PI bergeser/berubah | 1. Penunjukan tekanan (<i>indicator</i>) tidak benar. | 4 | 1. Kondisi area yang bervibrasi dan panas. | 1 | 2 | 1. Seting atau kalibrasi alat. | 4 | 32 | 32 |
| | | | 1. Gerigi PI sudah aus. 2. <i>Discharge pressure gauge indicator</i> ada gangguan. | 1. Penunjukan tekanan (<i>indicator</i>) tidak benar. | - | - | - | - | - | - | - | |
| 3 | High Air Temperature Switch (910-C-1C) | Mendeteksi temperatur udara <i>discharge</i> kompresor. | 1. HATS tidak bekerja. 2. HATS kotor. | 1. <i>Performance</i> kompresor udara menurun. 2. Penunjukan temperatur tidak bekerja atau nilai penunjukan terjadinya temperature <i>alarm/trip</i> berubah. | 5 | 1. Kondisi area yang bervibrasi dan panas. | 4 | 4 | 1. Melakukan pengecek atau perbaikan alat terkait. | 5 | 100 | 100 |
| | | | 1. <i>Setting alarm/trip</i> temperatur berubah. | 1. Penunjukan temperatur tidak bekerja atau nilai penunjukan terjadinya temperature <i>alarm/trip</i> berubah. . | - | - | - | - | - | - | - | |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|--|---|---|---|---|---|---|--|---|----|------|
| 4 | High Oil Temperature Switch (910-C-1C) | Mengontrol temperatur oli pada kompresor. | 1. HOTS tidak bekerja. 2. HOTS kotor. | 1. <i>Performance</i> kompresor udara menurun. 2. Penunjukan temperatur tidak bekerja. | 5 | 1. Kondisi area yang bervibrasi dan panas. | 1 | 2 | 1. Melakukan pengecek atau perbaikan alat terkait. | 5 | 50 | 50 |
| | | | 1. <i>Setting alarm/trip</i> temperatur berubah. | 1. Penunjukan temperatur tidak bekerja dan penunjukan terjadinya temperatur <i>alarm/trip</i> berubah. | - | - | - | - | - | - | - | |
| 5 | Manually Operated Reducating Valve/MO2 (910-C-1C) | kontrol manual untuk sinyal udara pada <i>unloading valve actuator</i> ketika ketika <i>control selector</i> CS2 pada posisi manual. | 1. Sinyal udara hilang. 2. MO2 kotor. | 1. <i>Performance</i> atau kerja kompresor menurun. 2. Bukaan UCV terganggu. | 5 | 1. Kondisi area yang bervibrasi dan panas. | 2 | 3 | 1. Melakukan pengecek, perbaikan alat terkait. | 5 | 75 | 75 |
| | | | 1. <i>Setting</i> MO2 berubah. | 1. Bukaan pada UCV terganggu. | - | - | - | - | - | - | - | |
| 6 | Pressure Gauge (910-C-1C) | Mendeteksi tekanan udara <i>suction</i> kompresor. | 1. Jarum penunjukan PI bergeser/berubah. | 1. Penunjukan tekanan (<i>indicator</i>) tidak benar. | 4 | 1. Kondisi area yang bervibrasi dan panas. | 1 | 2 | 1. Melakukan seting atau kalibrasi alat. | 4 | 32 | 32 |
| 7 | Temperature Switch (910-C-1C) | Bekerja bila temperatur kompresor terdeteksi tinggi. | 1. <i>Temperature switch</i> mengalami gangguan atau tidak bekerja. | 1. <i>Switch</i> dan penunjukan nilai temperatur tidak bekerja. | 5 | 1. Kondisi area yang bervibrasi dan panas. | 1 | 2 | 1. Melakukan seting atau kalibrasi alat. | 5 | 50 | 50 |
| 8 | Trisen Load (910-C-1C) | Mengontrol <i>load</i> kompresor secara individu atau paralel. | 1. <i>Load</i> antar kompresor yang tidakimbang. 2. <i>Linierity load</i> , bukaan UCV berubah | 1. <i>Performance</i> atau kerja kompresor menurun. 2. Bila UCV tidak membuka menyebabkan terjadinya <i>surging</i> dan bila UCV terbuka terus, udara kompresor yang dihasilkan akan terbuang ke atmosfir. | 5 | 1. <i>Thrisen</i> atau Alat pendukung ada gangguan seperti: <i>CV, Solenoid, Positioner, Sensor tekanan discharge</i> kompresor yang terkait. | 2 | 3 | 1. Melakukan pengecekan atau perbaikan dan kalibrasi alat terkait. | 5 | 75 | 53,5 |
| | | | 1. Gangguan pada komunikasi sistem <i>controller trisen load</i> . | 1. <i>Performance</i> atau kerja kompresor menurun. 2. Deteksi <i>load</i> tidak benar. | 4 | 1. <i>Thrisen</i> atau Alat pendukung ada gangguan seperti: <i>CV, Solenoid, Positioner, Sensor tekanan discharge</i> yang terkait. | 1 | 2 | 1. Melakukan seting atau kalibrasi alat. | 4 | 32 | |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|------------------------------------|--|---|---|---|--|---|---|--|---|----|----|
| 9 | Unloading Control Valve (910-C-1C) | Membuang atau mengurangi tekanan <i>discharge</i> kompresor. | 1. UCV ada gangguan/rusak. 2. Timbulnya gejala <i>surgin</i> . 3. <i>Linierity</i> bukaan <i>valve</i> berubah. | 1. Bila UCV tidak membuka menyebabkan terjadinya <i>surgin</i> dan bila UCV terbuka terus, udara kompresor yang dihasilkan akan terbuang ke atmosfer. 2. Kompresor udara <i>trip</i> . | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | | 1. Setingan pada UCV berubah. | 1. Bila UCV tidak membuka menyebabkan terjadinya <i>surgin</i> dan bila UCV terbuka terus, udara kompresor yang dihasilkan akan terbuang ke atmosfer. | 4 | 1. UCV/Alat pendukung ada gangguan seperti: <i>solenoid</i> , <i>positioner</i> , Sensor tekanan <i>discharge</i> kompresor. | 2 | 3 | 1. Melakukan seting atau kalibrasi alat. | 4 | - | 48 |
| 10 | Viration Monitor (910-C-1C) | Mendeteksi getaran atau vibrasi kompresor. | 1. Sensor vibrasi ada gangguan/ rusak. | 1. Penunjukan terjadinya vibrasi <i>alarm/trip</i> berubah. 2. Indikasi tidak ada atau berubah menyebabkan kerusakan kompresor yang fatal. 3. Kompresor <i>trip</i> | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | | 1. <i>Setting alarm/trip</i> vibrasi berubah. | 1. Penunjukan vibrasi tidak bekerja atau nilai penunjukan terjadinya vibrasi <i>alarm/trip</i> berubah. | 4 | 1. Kondisi area yang bervibrasi dan panas. | 2 | 3 | 1. Melakukan seting atau kalibrasi alat. | 4 | 48 | 48 |

4.1.3. Analisa Instrumentasi Kompresor Udara 910-C-1C

Berdasarkan analisa *worksheed* instrumentasi kompresor udara 910-C-1C dengan menggunakan metode FMEA pada tabel 4.9 Didapat nilai RPN rata-rata dari komponen instrumen berikut ini.

Tabel 4.10. RPN rata-rata instrumentasi kompresor udara 910-C-1C.

| No. | Komponen | RPN Rata-Rata |
|-------|---|---------------|
| 2 | <i>High Air Temperature Switch</i> | 100 |
| 3 | <i>Manually Operated Reducating Valve/MO2</i> | 75 |
| 1 | <i>Trisen Load</i> | 53,5 |
| 4 | <i>Temperature Switch</i> | 50 |
| 5 | <i>Auxiliary Oil Pump Switch</i> | 50 |
| 6 | <i>High Oil Temperature Switch</i> | 50 |
| 7 | <i>Viration Monitor</i> | 48 |
| 8 | <i>Unloading Control Valve</i> | 48 |
| 9 | <i>Pressure Gauge</i> | 32 |
| 10 | <i>Discharge Pressure Indicator</i> | 32 |
| Total | | 538,5 |

Untuk analisa instrumentasi kompresor udara 910-C-1C menggunakan metode FMEA terdapat 10 gangguan instrumen dengan RPN total sebesar 538,5. RPN rata-rata komponen instrumen yaitu: *high air temperature switch* sebesar 100, *manually operated reducing valve/MO2* sebesar 75, *trisen load* sebesar 53,5, *temperature switch* dan *auxiliary oil pump switch* sebesar 50, *high oil temperature* sebesar 50, *unloading control valve* sebesar 48, *viration monitor* sebesar 48, *pressure gauge* dan *discharge pressure indicator* sebesar 32.

Berdasarkan tabel 4.10 diatas, RPN rata-rata tertinggi terdapat pada *high air temperature switch* sebesar 100 sedangkan terendah terdapat pada *pressure gauge* dan *discharge pressure indicator* sebesar 32. Instrumen pada kompresor udara 910-C-1C masih memenuhi standar operasi perusahaan karena nilai RPN masih dibawah standar yang ditetapkan.

Untuk membuat grafik diagram pareto dilakukan perhitungan untuk menentukan persentase RPN. Untuk mendapatkan nilai persentase total keseluruhan dapat dilakukan perhitungan, misal:

$$\text{RPN rata-rata } \textit{high oil temperature switch} = 100$$

$$\text{RPN total} = 538,5$$

Maka:

$$\begin{aligned} \text{persentase total keseluruhan} &= \frac{\text{RPN rata-rata}}{\text{RPN total}} \times 100\% \\ &= \frac{100}{538,5} \times 100\% = 0,185701021 \times 100\% \\ &= 18,5701021 \text{ atau } 18,57\% \end{aligned}$$

Tabel 4.11. Persentase kumulatif instrumen pada kompresor udara 910-C-1C.

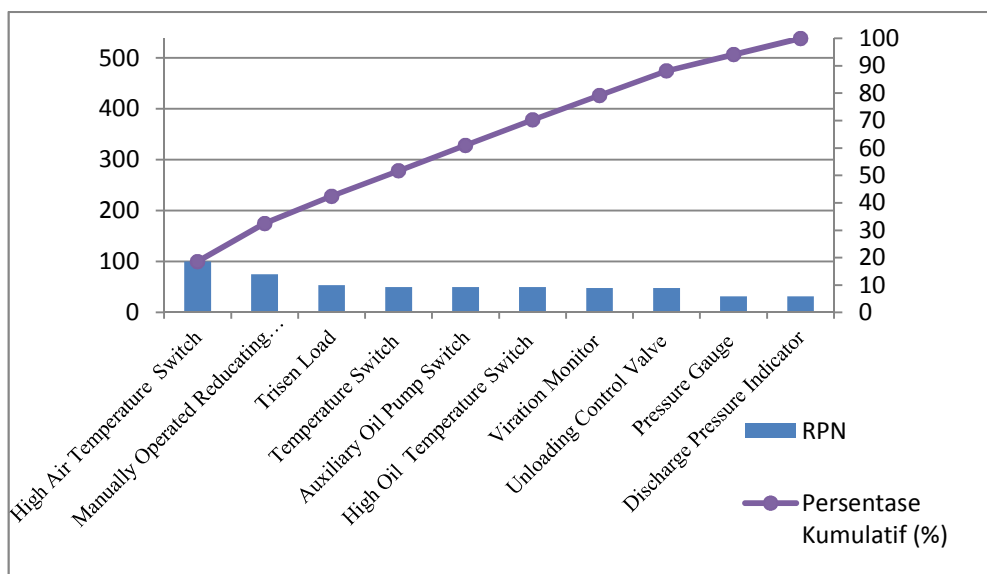
| No. | Komponen | RPN Rata-Rata | Total Kumulatif | Persentase Total Keseluruhan (%) | Persentase Kumulatif (%) |
|-------|---|---------------|-----------------|----------------------------------|--------------------------|
| 1 | <i>High Air Temperature Switch</i> | 100 | 100 | 18,57 | 18,57 |
| 2 | <i>Manually Operated Reducing Valve/MO2</i> | 75 | 175 | 13,93 | 32,50 |
| 4 | <i>Trisen Load</i> | 53,5 | 228,5 | 9,94 | 42,43 |
| 3 | <i>Temperature Switch</i> | 50 | 278,5 | 9,29 | 51,72 |
| 5 | <i>Auxiliary Oil Pump Switch</i> | 50 | 328,5 | 9,29 | 61,00 |
| 6 | <i>High Oil Temperature Switch</i> | 50 | 378,5 | 9,29 | 70,29 |
| 7 | <i>Vibration Monitor</i> | 48 | 426,5 | 8,91 | 79,20 |
| 8 | <i>Unloading Control Valve</i> | 48 | 474,5 | 8,91 | 88,12 |
| 9 | <i>Pressure Gauge</i> | 32 | 506,5 | 5,94 | 94,06 |
| 10 | <i>Discharge Pressure Indicator</i> | 32 | 538,5 | 5,94 | 100 |
| Total | | 538,5 | | 100 | |

Tabel 4.12. Total kumulatif RPN instrumentasi kompresor udara 910-1-1C untuk diagram pareto.

| No. | Komponen | Total Kumulatif | Persentase Kumulatif (%) |
|-----|---|-----------------|--------------------------|
| 1 | <i>High Air Temperature Switch</i> | 100 | 18,57 |
| 2 | <i>Manually Operated Reducing Valve/MO2</i> | 175 | 32,50 |
| 3 | <i>Trisen Load</i> | 228,5 | 42,43 |
| 4 | <i>Temperature Switch</i> | 278,5 | 51,72 |

| | | | |
|----|-------------------------------------|-------|-------|
| 5 | <i>Auxiliary Oil Pump Switch</i> | 328,5 | 61,00 |
| 6 | <i>High Oil Temperature Switch</i> | 378,5 | 70,29 |
| 7 | <i>Vibration Monitor</i> | 426,5 | 79,20 |
| 8 | <i>Unloading Control Valve</i> | 474,5 | 88,12 |
| 9 | <i>Pressure Gauge</i> | 506,5 | 94,06 |
| 10 | <i>Discharge Pressure Indicator</i> | 538,5 | 100 |

Untuk analisa diagram pareto kompresor udara 910-C-1C dapat dilihat pada gambar 4.3 berikut ini:



Gambar 4.3. Grafik diagram pareto kompresor udara 910-C-1C.

Berdasarkan grafik diagram pareto diketahui pada kompresor udara 910-C-1C bagian sisi kiri yaitu *high air temperature switch* memberikan kontribusi tertinggi pada RPN.

Tabel 4.13. Worksheet FMEA pada instrumentasi kompresor udara 910-C-1D di PT. Pertamina (Persero) Refinery Unit II Dumai selama periode Januari 2009 sampai Desember 2010.

| No. | Component Instrument | Function | Potential Failure mode | Potential Effects of Failure | S E V | Potential Causes of Failure | | O C C | Current Controls | D E T | R P N | RPN Rata-Rata |
|-----|---|---|---|--|-------|---|---|-------|---|-------|-------|---------------|
| 1 | Auxiliary Oil Pump Switch (910-C-1D) | Bekerja bilamana tekanan yang dihasilkan MOP kompresor udara berkurang. | 1. Indikasi tekanan lube oil berkurang. 2. AOPSkotor. | 1. <i>Performance</i> atau kerja kompresor menurun. 2. Dapat berakibat <i>bearing</i> /bagian rotor rusak. | 5 | 1. Sensor tekanan lube oil tidak benar atau rusak. | 2 | 3 | 1. Melakukan pengecek atau perbaikan alat terkait. 2. Mengganti <i>solenoid</i> . | 5 | 75 | 75 |
| | | | 1. AOPS ada gangguan/rusak | 1. AOP gagal <i>start</i> . 2. AOP tidak mau <i>shutdown</i> ketika <i>main oil</i> telah bekerja. | - | - | - | - | - | - | - | |
| 2 | Control Surging (910-C-1D) | Mengontrol <i>load</i> kompresor secara individu atau paralel. | 1. <i>Load</i> antar kompresor yang tidak imbang. 2. <i>Control surging</i> tidak bisa di reset. | 1. <i>Performance</i> dan kerja kompresor menurun. 2. Bila UCV tidak membuka menyebabkan terjadinya <i>surging</i> , Bila UCV terbuka terus, udara kompresor yang dihasilkan akan terbuang ke atmosfer. | 5 | 1. <i>Thrisen</i> atau alat pendukung ada gangguan seperti: CV, <i>Solenoid</i> , <i>Positioner</i> , Sensor tekanan <i>discharge</i> . | 1 | 2 | 1. Melakukan pengecekan/ perbaikan dan kalibrasi alat terkait. | 5 | 50 | 50 |
| 3 | Differential Low oil (910-C-1D) | Mendeteksi tekanan oli pelumas sebelum dan sesudah oil filter. | 1. DPIS ada gangguan. 2. Gangguan pada alarm low pressure. | 1. <i>Performance</i> dan kerja kompresor menurun. 2. Alarm tidak bekerja. | 5 | 1. Sensor tekanan lube oil tidak benar atau rusak. | 1 | 2 | 1. Melakukan pengecek dan perbaikan alat terkait, 2. mengganti <i>Oil Filter</i> . | 5 | 50 | 50 |
| 4 | Discharge Pressure Indicator (910-C-1D) | Mendeteksi tekanan discharge udara kompresor | 1. Jarum penunjukan PI bergeser/ berubah. | 1. Penunjungan tekanan (<i>indicator</i>) tidak benar. | 4 | 2. Kondisi area yang bervibrasi dan panas. | 1 | 2 | 1. Melakukan pengecek, perbaikan alat terkait. 2. Mengganti alat atau sensor. | 4 | 32 | 32 |
| | | | 1. Gerigi PI sudah aus. 2. <i>Discharge pressure gauge indicator</i> ada gangguan. rusak | 1. Penunjungan tekanan (<i>indicator</i>) tidak benar. | - | - | - | - | - | - | - | |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|--|---|--|---|---|---|---|--|---|----|----|
| 5 | <i>High Air Temperature Switch</i> (910-C-1D) | Mendeteksi temperatur udara <i>discharge</i> kompresor. | 1. Sensor temperatur ada gangguan/ rusak. 2. HOTS kotor. | 1. <i>Performance</i> kompresor udara menurun. 2. Penunjukan temperatur tidak bekerja atau nilai penunjukan terjadinya temperature <i>alarm/trip</i> berubah. | 5 | 1. Kondisi area yang bervibrasi dan panas. | 1 | 2 | 1. Melakukan pengecekan atau perbaikan terkait. | 5 | 50 | 57 |
| | | | 1. <i>Setting alarm/trip</i> temperatur berubah. | 1. Penunjukan temperatur tidak bekerja atau nilai penunjukan terjadinya temperature <i>alarm/trip</i> berubah. 2. <i>Alarm HATS</i> tidak bekerja. | 4 | 1. Kondisi area yang bervibrasi dan panas | 4 | 4 | 1. Melakukan seting atau kalibrasi alat. | 4 | 64 | |
| 6 | <i>Pressure Gauge</i> (910-C-1D) | Mendeteksi tekanan udara <i>suction</i> kompresor. | 1. Jarum penunjukan PI bergeser/ berubah | 1. Penunjukan tekanan tidak benar. | 4 | Kondisi area yang bervibrasi dan panas | 1 | 2 | 1. Melakukan seting atau kalibrasi alat. | 4 | 32 | 32 |
| | | | 1. Gerigi PI sudah aus. 2. <i>Pressure gauge</i> gangguan/ rusak. | 1. Penunjukan tekanan tidak benar. 2. <i>Pressure gauge</i> tidak bekerja. | - | - | - | - | - | - | - | |
| 7 | <i>Trisen Load</i> (910-C-1D) | Mengontrol <i>load</i> kompresor secara individu atau paralel. | 1. <i>Load</i> antar kompresor yang tidakimbang. 2. <i>Linierity load</i> , bukaan UCV berubah 3. Gangguan pada komunikasi sistem <i>controller trisen load</i> . | 1. Bila CV tidak membuka menyebabkan terjadinya <i>surging</i> dan bila UCV terbuka terus, udara kompresor yang dihasilkan akan terbuang ke atmosfir. | 5 | 1. Umur pemakaian alat yang sudah lama. 2. <i>Thrisen</i> atau Alat pendukung rusak seperti: <i>CV, Solenoid, Positioner</i> , Sensor tekanan <i>discharge</i> kompresor yang terkait. | 1 | 2 | 1. Melakukan pengecekan atau perbaikan dan kalibrasi alat terkait. | 5 | 50 | 50 |
| 8 | <i>Vibration Monitor</i> (910-C-1D) | Mendeteksi getaran/ vibrasi kompresor. | 1. Sensor vibrasi ada yang rusak. | 1. Penunjukan vibrasi <i>alarm/trip</i> tidak ada. 2. Jika indikasi tidak ada atau berubah bisa menyebabkan kerusakan kompresor udara yang fatal. | 6 | 1. Kondisi area yang bervibrasi dan panas. | 1 | 2 | 1. Dengan mengganti alat atau sensor. | 6 | 72 | 75 |

4.1.4. Analisa Instrumentasi Kompresor Udara 910-C-1D

Dari analisa *worksheed* instrumentasi kompresor udara 910-C-1D pada tabel 4.13 didapatkan nilai RPN rata-rata dari komponen berdasarkan urutan yang tertinggi. Analisa ini dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.14. RPN rata-rata instrumentasi kompresor udara 910-C-1D.

| No. | Komponen | RPN Rata-rata |
|-------|-------------------------------------|---------------|
| 1 | <i>Auxiliary Oil Pump Switch</i> | 75 |
| 2 | <i>Vibration Monitor</i> | 75 |
| 4 | <i>High Air Temperature Switch</i> | 57 |
| 3 | <i>Control Surging</i> | 50 |
| 5 | <i>Differential Low oil</i> | 50 |
| 6 | <i>Trisen Load</i> | 50 |
| 7 | <i>Discharge Pressure Indicator</i> | 32 |
| 8 | <i>Pressure Gauge</i> | 32 |
| Total | | 431 |

Untuk analisa instrumentasi kompresor udara 910-C-1D dengan menggunakan metode FMEA maka didapat RPN total sebesar 431 dengan 8 komponen mengalami gangguan. Nilai RPN rata-rata dari komponen instrumen yaitu: *auxiliary oil pump switch* dan *vibration monitor* sebesar 75, *control surging*, *high air temperature switch*, *differential low oil*, dan *trisen load* sebesar 50, *discharge pressure indicator* sebesar dan *pressure gauge* sebesar 32.

Berdasarkan analisa pada tabel 4.14 diatas, RPN rata-rata tingkat tertinggi terdapat pada komponen instrumen *auxiliary oil pump switch* , dan *vibration monitor* sebesar 75 dan yang terendah terdapat pada *discharge pressure indicator*, dan *pressure gauge* sebesar 32. Dari analisa instrumentasi pada kompresor udara 910-C-1D, dapat dikatakan komponen instrumen pada kompresor udara masih memenuhi target operasi nilai RPN.

Sebelum membuat grafik diagram pareto pada instrumen kompresor udara 910-C-1D dilakukan perhitungan untuk menentukan persentase kumulatif dari RPN pada tabel 4.15. untuk mendapatkan persentase total keseluruhan dapat dilakukan perhitungan, misal:

$$\text{RPN rata-rata } \textit{auxiliary oil pump switch} = 100$$

$$\text{RPN total} = 431$$

Maka:

$$\begin{aligned} \text{persentase total keseluruhan} &= \frac{\text{RPN rata-rata}}{\text{RPN total}} \times 100\% \\ &= \frac{75}{431} \times 100\% = 17,40\% \\ &= 0,174013921 \text{ atau } 17,40\% \end{aligned}$$

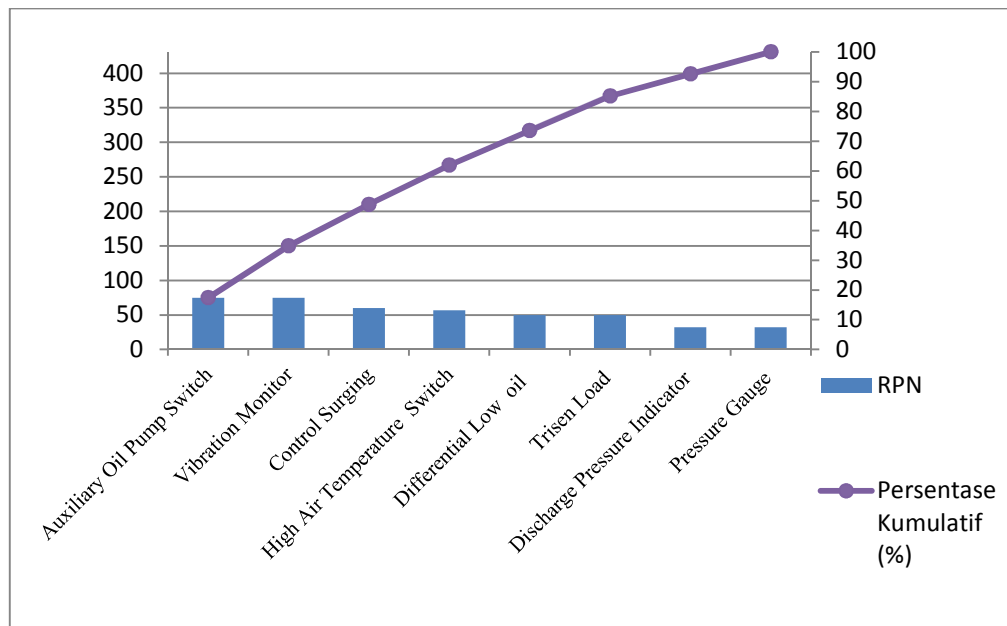
Tabel 4.15. Persentase kumulatif instrumentasi kompresor udara 910-C-1D.

| No. | Komponen | RPN Rata-Rata | Total Kumulatif | Persentase Total Keseluruhan (%) | Persentase Kumulatif (%) |
|-------|-------------------------------------|---------------|-----------------|----------------------------------|--------------------------|
| 1 | <i>Auxiliary Oil Pump Switch</i> | 75 | 75 | 17,40 | 17,40 |
| 2 | <i>Vibration Monitor</i> | 75 | 135 | 17,40 | 34,80 |
| 3 | <i>Control Surging</i> | 60 | 210 | 13,92 | 48,72 |
| 4 | <i>High Air Temperature Switch</i> | 57 | 267 | 13,23 | 61,95 |
| 5 | <i>Differential Low oil</i> | 50 | 317 | 11,60 | 73,55 |
| 6 | <i>Trisen Load</i> | 50 | 367 | 11,60 | 85,15 |
| 7 | <i>Discharge Pressure Indicator</i> | 32 | 399 | 7,42 | 92,58 |
| 8 | <i>Pressure Gauge</i> | 32 | 431 | 7,42 | 100 |
| Total | | 431 | | 100 | |

Tabel 4.16. Total kumulatif RPN instrumentasi kompresor udara 910-1-1D untuk diagram pareto.

| No. | Komponen | Total Kumulatif | Persentase Kumulatif (%) |
|-----|-------------------------------------|-----------------|--------------------------|
| 1 | <i>Auxiliary Oil Pump Switch</i> | 75 | 17,40 |
| 2 | <i>Control Surging</i> | 135 | 34,80 |
| 3 | <i>Vibration Monitor</i> | 210 | 48,72 |
| 4 | <i>Differential Low oil</i> | 267 | 61,95 |
| 5 | <i>Trisen Load</i> | 317 | 73,55 |
| 6 | <i>High Air Temperature Switch</i> | 367 | 85,15 |
| 7 | <i>Discharge Pressure Indicator</i> | 399 | 92,58 |
| 8 | <i>Pressure Gauge</i> | 431 | 100 |

Untuk analisa grafik diagram pareto kompresor udara 910-C-1D dapat dilihat pada gambar 4.4.



Gambar 4.4. Grafik diagram pareto kompresor udara 910-C-1D.

Dari gambar grafik diagram pareto diketahui *auxiliary oil pump switch* dan *vibration monitor* pada kompresor udara 910-C-1D memberikan kontribusi tingkat kekeritisan berdasarkan nilai RPN rata-rata.

Berdasarkan analisa instrumentasi dari keempat kompresor udara, dapat ditarik kesimpulan bahwa kompresor udara PT. Pertamina (Persero) RU II Dumai masih dikatakan masih memenuhi standar operasi karena masih dibawah nilai standar resiko RPN yang ditetapkan sebesar 200. Gangguan terbanyak terjadi pada kompresor udara 910-C-1B dengan 12 komponen, kompresor udara 910-C-1C dengan 10 komponen, kompresor udara 910-C-1D dengan 8 komponen, dan yang terendah kompresor udara 910-C-1A dengan 7 komponen.

Untuk nilai RPN rata-rata tertinggi instrumen dari masing-masing kompresor didapatkan yaitu kompresor udara udara 910-C1A pada instrumen *pressure gauge* sebesar 70, kompresor udara 910-C-1B pada *high oil temperature* dan kompresor udara 910-C-1C pada *high air temperature switch* sebesar 100, dan kompresor udara 910-C-1D terdapat pada *auxiliary oil pump switch* dan *vibration monitor* sebesar 75.

4.3 Analisa ketersediaan (*Availability*)

Availability merupakan tingkat ketersediaan atau kemampuan suatu sistem dapat beroperasi sebagaimana mestinya pada kurun waktu yang ditentukan, untuk dapat menentukan ketersediaan pada instrumentasi kompresor udara PT. Pertamina (Persero) RU II dilakukan dengan cara:

Menentukan laju kegagalan (λ) instrumentasi kompresor udara selama 3 tahun dengan laju kegagalan komponen misal: *Auxiliary Oil Pump Switch* (910-C-1A) dengan laju kegagalan 1 maka didapat dengan persamaan *Mean Time To Failure* (MTTF) :

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{1} = 1$$

Keterangan:

1 tahun = 365 hari atau 8760 jam

1 hari = 24 jam

Waktu *standby* kompresor selama sebulan adalah:

= 7 hari atau $24 \times 7 = 168$ jam

Waktu *standby* pertahun = 168×12 bulan

= 2016 jam/tahun.

Waktu operasi pertahun = $8760 - 2016$

= 6744 jam/tahun.

Waktu operasi 3 tahun = $6744 \times 3 = 20232$ jam.

Waktu *standby* adalah waktu kompresor udara dalam keadaan *off* atau tidak beroperasi. Misal diketahui laju perbaikan AOPS selama 4 jam, maka didapat persamaan MTTR adalah μ /waktu operasi, karena periode waktu yang digunakan untuk penelitian selama 3 tahun, maka waktu operasi 3 tahun adalah $6744 \times 3 = 20232$ jam. Jadi untuk nilai *Mean time to Repair* (MTTR) adalah:

$$MTTR = 4 \text{ jam} = \frac{4}{20232} = 0,000197707$$

Berdasarkan persamaan diatas didapat nilai *availability* adalah:

$$Availability = \frac{MTTF}{MTTF+MTTR} = \frac{1}{1+0,000197706} = 0,999802332$$

Berdasarkan persamaan maka didapat nilai ketersediaan instrumentasi dari kompresor udara. Untuk analisa ketersediaan pada kompresor udara 910-C-1A dapat dilihat pada tabel 4.17 dibawah ini.

Tabel 4.17. Analisa ketersediaan instrumentasi pada kompresor udara 910-C-1A.

| No | Komponen | λ | MTTF | Laju perbaikan (Menit) | Laju Perbaikan (Jam) | MTTR/ 3 Tahun | Availability |
|----|-------------------------------------|-----------|------|------------------------|----------------------|---------------|--------------|
| 1 | <i>Auxiliary Oil Pump Switch</i> | 1 | 1 | 240 | 4 | 0,00019770 | 0,99980233 |
| 2 | <i>Discharge Pressure Indicator</i> | 1 | 1 | 240 | 4 | 0,00019770 | 0,99980233 |
| 3 | <i>Flow Indicator</i> | 1 | 1 | 300 | 5 | 0,000247133 | 0,99975292 |
| 4 | <i>High Oil Temperature Switch</i> | 1 | 1 | 180 | 3 | 0,00014828 | 0,99985174 |
| 5 | <i>Pressure Gauge</i> | 3 | 0,33 | 300 | 5 | 0,00024713 | 0,99925167 |
| 6 | <i>Trisen Load</i> | 1 | 1 | 630 | 10,5 | 0,00051898 | 0,99948128 |
| 7 | <i>Vibration Monitor</i> | 3 | 0,33 | 2465 | 41,08 | 0,00203044 | 0,99388475 |

Untuk ketersediaan terendah pada instrumentasi kompresor udara 910-C-1A terjadi pada komponen *vibraton monitor* dengan laju perbaikan 41,08 jam dan ketersediaan sebesar 0,99388475.

Untuk analisa ketersediaan pada kompresor udara 910-C-1B dapat dilihat pada tabel 4.18 dibawah ini.

Tabel 4.18. Analisa ketersediaan instrumentasi kompresor udara 910-C-1B.

| No | Komponen | λ | MTTF | Laju perbaikan (Menit) | Laju Perbaikan (Jam) | MTTR/ 3 Tahun | Availability |
|----|--|-----------|------|------------------------|----------------------|---------------|--------------|
| 1 | <i>Discharge Pressure Indicator</i> | 1 | 1 | 240 | 1,75 | 0,00008649 | 0,99991351 |
| 2 | <i>High Air Temperature Switch</i> | 5 | 0,2 | 990 | 16,5 | 0,00081554 | 0,99593886 |
| 3 | <i>High Oil Temperature Switch</i> | 3 | 0,33 | 315 | 5,25 | 0,00025949 | 0,99921428 |
| 4 | <i>High Pressure Steam Valve</i> | 1 | 1 | 240 | 4 | 0,00019770 | 0,99980233 |
| 5 | <i>Horn</i> | 1 | 1 | 90 | 1,5 | 0,00007414 | 0,99992586 |
| 6 | <i>Manually Operated Reducating Valve /MO1</i> | 2 | 0,5 | 300 | 5 | 0,00024713 | 0,99950597 |
| 7 | <i>Manually Operated Reducating Valve /MO2</i> | 2 | 0,5 | 300 | 5 | 0,00024713 | 0,99950597 |
| 8 | <i>Pressure Gauge</i> | 1 | 1 | 120 | 2 | 0,00009885 | 0,99990115 |
| 9 | <i>Pressure gauge discharge</i> | 1 | 1 | 105 | 1,75 | 0,00008649 | 0,99991351 |
| 10 | <i>Pressure Gauge Inlet Steam</i> | 2 | 0,5 | 240 | 4 | 0,00019770 | 0,99960474 |
| 11 | <i>Solenoid Valve</i> | 1 | 1 | 180 | 3 | 0,00014828 | 0,99985174 |
| 12 | <i>Trisen Load</i> | 1 | 1 | 630 | 10,5 | 0,000518980 | 0,99948128 |

Untuk ketersediaan terendah pada instrumentasi kompresor udara 910-C-1B terjadi pada komponen *high air temperature switch* dengan laju perbaikan 16,5 jam dan ketersediaan sebesar 0,995938861.

Untuk analisa ketersediaan pada kompresor udara 910-C-1C dapat dilihat pada tabel 4.8 dibawah ini.

Tabel 4.19. Analisa ketersediaan instrumentasi kompresor udara 910-C-1C.

| No | Komponen | λ | MTTF | Laju perbaikan (Menit) | Laju Perbaikan (Jam) | MTTR/ 3 Tahun | Availability |
|----|---|---|------|------------------------|----------------------|---------------|--------------|
| 1 | <i>Auxiliary Oil Pump Switch</i> | 1 | 1 | 180 | 3 | 0,00014828 | 0,999851742 |
| 2 | <i>Discharge Pressure Indicator</i> | 1 | 1 | 240 | 4 | 0,00019770 | 0,999802332 |
| 3 | <i>High Air Temperature Switch</i> | 4 | 0,25 | 885 | 14,75 | 0,00072904 | 0,997092307 |
| 4 | <i>High Oil Temperature Switch</i> | 1 | 1 | 160 | 2,6 | 0,00012850 | 0,999871507 |
| 5 | <i>Manually Operated Reducating Valve/MO2</i> | 2 | 0,5 | 270 | 4,5 | 0,00022242 | 0,999555358 |
| 6 | <i>Pressure Gauge</i> | 1 | 1 | 240 | 4 | 0,00019770 | 0,999802332 |
| 7 | <i>Temperature Switch</i> | 1 | 1 | 240 | 4 | 0,00019770 | 0,999802332 |
| 8 | <i>Trisen Load</i> | 3 | 0,33 | 990 | 16,5 | 0,00081554 | 0,997534760 |
| 9 | <i>Unloading Control Valve</i> | 2 | 0,5 | 315 | 5,25 | 0,00025949 | 0,999481289 |
| 10 | <i>Vibration Monitor</i> | 2 | 0,5 | 270 | 4,5 | 0,00022242 | 0,999555358 |

Untuk ketersediaan terendah pada instrumentasi kompresor udara 910-C-1C terjadi pada komponen *high air temperature switch* dengan laju perbaikan 14,75 jam dan ketersediaan sebesar 0,997092307.

Analisa ketersediaan pada kompresor udara 910-C-1D dapat dilihat pada tabel 4.20 dibawah ini.

Tabel 4.20. Analisa ketersediaan instrumentasi kompresor udara 910-C-1D.

| No | Komponen | λ | MTTF | Laju perbaikan (Menit) | Laju Perbaikan (Jam) | MTTR/ 3 Tahun | Availability |
|----|-------------------------------------|---|------|------------------------|----------------------|---------------|--------------|
| 1 | <i>Auxiliary Oil Pump Switch</i> | 2 | 0,5 | 330 | 5,5 | 0,00027184 | 0,99945660 |
| 2 | <i>Control Surging</i> | 1 | 1 | 150 | 2,5 | 0,00012356 | 0,99987644 |
| 3 | <i>Differential Low oil</i> | 1 | 1 | 180 | 3 | 0,00014828 | 0,99985174 |
| 4 | <i>Discharge Pressure Indicator</i> | 1 | 1 | 240 | 4 | 0,00019770 | 0,99980233 |

| | | | | | | | |
|---|------------------------------------|---|-----|-----|-------|------------|------------|
| 5 | <i>High Air Temperature Switch</i> | 5 | 0,2 | 765 | 12,75 | 0,00063019 | 0,99685894 |
| 6 | <i>Pressure Gauge</i> | 1 | 1 | 120 | 2 | 0,00009885 | 0,99990115 |
| 7 | <i>Trisen Load</i> | 1 | 1 | 660 | 11 | 0,00054369 | 0,99945660 |
| 8 | <i>Vibration Monitor</i> | 1 | 1 | 180 | 3 | 0,00014828 | 0,99985174 |

Ketersediaan terendah pada instrumentasi kompresor udara 910-C-1D terdapat pada komponen *high air temperature switch* dengan laju perbaikan 12,75 jam dan ketersediaan sebesar 0,99685894.

Berdasarkan hasil analisa ketersediaan (*availability*) instrumentasi dari ke empat kompresor udara di PT. Pertamina (Persero) RU II Dumai dapat dikatakan bahwa ketersediaan instrumentasi kompresor udara masih memenuhi standar operasi perusahaan karena dari hasil analisa yang telah dilakukan tidak ada ketersediaan dari masing-masing komponen instrumen kompresor udara dibawah target ketersediaan perusahaan yaitu 98,82% atau 0,98.

BAB V

PENUTUP

Berdasarkan hasil analisa keandalan instrumentasi kompresor udara PT. Pertamina (Persero) *Refinery Unit II Dumai* menggunakan metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) didapat ditarik kesimpulan dan saran yaitu:

5.1. Kesimpulan

1. Setelah dilakukan analisa RPN terhadap keandalan instrumentasi pada kompresor udara PT. Pertamina (Persero) RU II menggunakan metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) diketahui bahwa instrumentasi kompresor udara masih memenuhi setandar operasi karena nilai *Risk Priority Number* (RPN) masih dibawah 200.
2. Nilai RPN rata-rata tertinggi instrumen dari masing-masing kompresor yaitu kompresor udara 910-C1A pada instrumen *pressure gauge* sebesar 70, kompresor udara 910-C-1B dan 910-C-1C pada *high oil temperature switch* dan *high air temperature switch* sebesar 100, serta kompresor udara 910-C-1D terdapat pada *auxiliary oil pump switch* dan *vibration monitor* sebesar 75.
3. Ketersediaan terendah dari masing-masing kompresor udara diketahui, dengan instrumen kompresor udara 910-C-1A pada *vibration monitor* dengan sebesar 0,99388475, kompresor udara 910-C-1B pada *high air temperature switch* sebesar 0,995938861, kompresor udara 910-C-1C pada *high air temperature switch* sebesar 0,997092307 dan kompresor udara 910-C-1D pada *high air temperature switch* sebesar 0,99685894.

5.2. Saran

Perawatan dapat dilakukan khususnya pada komponen *High Oil Pressure Switch* (HOTS), *High Air Pressure Switch* (HATS) *Vibration Monitor*. Selain menggunakan metode FMEA, penelitian ini dapat dilanjutkan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Critical Analysis* (FMECA) dan *Reliability Centered Maintenance* (RCM).

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous. 1992. *Failure Mode and Effects Analysis (FMEA): A Guide for Continuous Improvement for the Semiconductor Equipment Industry*. International Sematec.
- Anonymous. *Kompresor Dan Sistim Udara Tekan*. [Online]. Available: kk.mercubuana.ac.id/files/14050-3-923317585222.doc. [Diakses 10 maret 2012].
- Antoni, Ronald. 2009. *Analisa Emergency Shutdown System (Esd) Boiler 940-B"*. PT. Pertamina (Persero) RU II Dumai.
- Betrianis, dan Robby Suhendra. 2005. *Pengukuran Nilai Overall Equipment Effectiveness Sebagai Dasar Usaha Perbaikan Proses Manufaktur pada Lini Produksi*. Universitas Indonesia. [Online]. Available: citation.itb.ac.id/citeseerx [Diakses 20 November 2012].
- Dieter, George E. 2000. *Engineering Design: A Material and Processing Approach*. Singapore: McGraw-Hill Companies, inc.
- Ebeling, Charles E. 1997. *Reliability and Maintainability Engineering, McGraw-Hill international editions: Electrical engineering series*. Universitas Michigan.
- Febriani, Noni. 2007. *Analysis reliabiliy pada pumping unit dengan menggunakan metode Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) di PT. Chevron Pasific Indonesia*. Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.
- Surabaya.
- FS-Elliott. 2005. *Pap Plus Plant Air Package*. [Online]. Available: www.fs-elliott.com/pdf/brochures/PAPPlus.pdf [Diakses 15 Maret 2013].
- Gaspersz, Vincent. 1998. *Production Planning And Inventory Control*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Giu, Andi Rahman. 2008. *Analisis Kontrol Kualitas Kediklatan Menggunakan Diagram Pareto"*. [Online]. Available: [bdkmanado.kemenag.go.id/file/dokumen/ArtikelTeori ParetoAndi.pdf](http://bdkmanado.kemenag.go.id/file/dokumen/ArtikelTeoriParetoAndi.pdf) [Diakses 16 Maret 2013].
- Hanlon, Paul C. 2001. *Compressor Handbook manual*. McGraw-Hill Companies, Inc.
- Hendra, Eki Tri. 2012. *Analisis Keandalan Instrumentasi Fuel Oil System PLTG Menggunakan Metode Failure Mode And Effect Analysis di PT. PLN PLTD/G teluk lembu"*. Pekanbaru.
- Julie, King. 2003. *Compressors CM4120*. [Online]. Available: www.chem.mtu.edu. [Diakses 7 Desember 2012].

- Kusma, Yuriadi. *Pusat Pengembangan Bahan Ajar-UMB: Failure Modes And Effects Analysis (FMEA)*". [Online]. Available: <http://www.kk.mercubuana.ac.id/files>. [Diakses 10 November 2012].
- Lange, Kevin A., dkk. 2003. *Potential Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) Reference Manual*. Dailer Chrysler Corporation.
- Nurkertamanda, Denny dan Fauziyati Tri Wulandari. 2009. *Analisa Mode Dan Efek Kegagalan Failure Mode And Effects Analysis (FMEA) Pada Produk Kursi Lipat Chitose Yamato Haa*". Universitas Diponegoro Semarang,
- Octavia, Lily. 2010. *Aplikasi Metode Failure Mode And Effects Analysis (FMEA) Untuk pengendalian kualitas pada proses Heat Treatment PT. Mitsuba Indonesia*. Jakarta.
- Priyanta, Dwi. 2000. *Keandalan dan Perawatan*. Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.
- R.E. McDermott, R.J Mikulak, and M.R. Beauregard. 2009. *The basics of FMEA 2nd Edition*. New York: Taylor and Francis Group.
- United Technologies Elliott.1977. *Dumai Refinery Expansion Project Dumai-Indonesia: Technical Manual Prepared United Technologies Elliot, Driver Frame CYRPG Turbin*. Mitsui Madrid: Tecnicas Reunidas SA.
- United Technologies Elliott.1977. *Dumai Refinery Expansion Project Dumai-Indonesia:Technical Manual Prepared United Technologies Elliot, Driver Frame CYRPG Motor*. Mitsui Madrid: Tecnicas Reunidas SA.
- US Department of Energy (US DOE). 2003. *Energy Efficiency and Renewable Energy. Improving Compressed Air System Performance*. DEO/GO-102003-1822.
- Waradiba, Safarina. 2007. *Analisa reliability instrument menggunakan metode Failure Modes And Effect Analysis (FMEA) pada Boiler Feed Pump Turbin (BEPT) untuk memperbaiki kinerja terencana di PT IPMOMI*. Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.